

Mikael Räihä

# Nestemaalituotannon parantaminen

# laadunvalvonnan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

27.4.2015

Tekijä(t) Otsikko	Mikael Räihä Nestemaalituotannon laadunvalvonnan parantaminen
Sivumäärä Aika	42 sivua + 2 liitettä 27.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessikemia
Ohjaaja(t)	Laadunvalvonnan esimies Anne Haapakoski (Teknos Oy) Lehtori Arto Yli-Pentti (Metropolia AMK)
<p>Työ on tehty Teknos Oy:n Rajamäen nestemaalien laadunvalvontalaboratoriolle. Rajamäellä valmistetaan vesipohjaisia nestemaaleja pääosin puuteollisuutta varten. Rajamäen nestemaalituotanto on kasvanut viimevuosien aikana suuria määriä ja tästä syystä myös laadunvalvontaa on kehitettävä samassa suhteessa.</p> <p>Viimevuosina laadunvalvonnan työohjeista on ollut vastuussa periaatteessa yksi henkilö. Tämä on johtanut tilanteeseen, että yhtiön tietokannassa olevat ohjeet eivät ole kaikilta osin ajan tasalla. Teknoksella on myös pyritty parantamaan sideaineiden laadunvalvontaa, tämän hetkinen bakteerimäärien valvonta ei ole riittävän kattava.</p> <p>Työn tarkoituksena oli käydä läpi yhtiön tietokannasta löytyvät ohjeet ja harjoittelujakson jälkeen päivittää ne. Käytännön osuus muodostui uuden bakteerikoesarjan käyttöönotosta ja henkilökunnan koulutuksesta.</p> <p>Sideainekokeiden tulokset vastaavat hyvin bakteeriviljelmämenetelmällä saatuja tuloksia. Suurin etu on bakteerikoesarjan nopeus, mutta heikkoutena on sen herkkyyys muille kontaminaation lähteille. Kesän aikana on tarkoitus parantaa sideaineisiin kohdistuvaa valvontaa ottamalla näytteet suoraan säiliöautosta ennen sideaineiden pumppausta varastoon.</p> <p>Työohjeiden päivitys on vielä tällä hetkellä kesken ja bakteerikoesarjan kouluttamista henkilökunnalle on vielä jatkettava. Tavoitteisiin on päästy vain osittain, koska työtä oli enemmän kuin alunperin oletettiin ja osa laboratorion työntekijöistä tekee työtä myös jauhemaalien laadunvalvontalaboratoriossa.</p> <p>Insinööri työ toimii hyvänä ohjeena uuden laitteen tai analyysisarjan perehdytykselle, käyttöönotolle ja käyttötaidon ylläpidolle.</p>	
Avainsanat	Laadunvalvonta, maali, sideaine, bakteerikoe

Author(s) Title	Mikael Räihä Improving quality control management in liquid paint production
Number of Pages Date	42 pages + 2 appendices 27 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process Chemistry
Instructor(s)	Anne Haapakoski, Quality Control Manager Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer
<p>The thesis was conducted for Teknos Oy's liquid paint quality control management laboratory in Rajamäki. The paints and varnishes produced at Rajamäki are mainly for use in wood industry. The volume of liquid paint production has increased steadily in the last ten years, and the quality management must also be improved due to this.</p> <p>During the recent years only one person has been in charge of maintaining and updating the calibration instructions and manuals for the different analyses conducted in the laboratory. This has led to the situation that not all manuals are up-to-date. Efforts have also been made to improve the bacterial quality control management of different binders. Currently the quality control is not adequate enough.</p> <p>The goal of this thesis project was to go through the manuals and calibration instructions in the database and update or remove them if necessary after a training period in the laboratory. The second, practical part of the thesis includes the introduction of a new bacterial test kit and education of the laboratory personnel.</p> <p>The bacterial concentrations of binders obtained with the new test kit correlate well with the results of the current bacterial cultivation method. The greatest advantage of the new test kit is its speed, but the disadvantage is its sensitiveness to foreign contaminants. The quality control of binders and other raw materials is being improved by taking samples from the shipment before it is pumped to storage in Rajamäki.</p> <p>The updating of the manuals and calibration instructions is unfinished, and the training of the laboratory personnel must be continued. The goals have been reached only partly because the amount of work was larger than originally planned and also because part of the personnel in liquid paint quality control management also work in powder paint quality control management.</p> <p>This Bachelor's thesis works as a good guideline for introducing a new test kit or analytical device, for training the personnel and for sustaining the gained skill.</p>	
Keywords	quality control management, paint, binder, bacterial test

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Rajaukset	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
2	Toimeksiantajan esittely	2
2.1	Historia	3
2.2	Kehitys	3
2.3	Tärkeimpiä tuotteita	3
2.3.1	Sisämaalit	3
2.3.2	Ulkomaalit	5
3	Nestemaalain koostumus	5
3.1	Sideaineet	5
3.2	Pigmentit	7
3.3	Täyteaineet	8
3.4	Apuaineet	8
3.4.1	Paksuntajat	9
3.4.2	Dispergointiaineet	9
3.4.3	Kostutinaaineet	10
3.4.4	Vaahdonestoaineet	10
3.4.5	Biosidit	10
4	Maalin valmistusprosessi	11
4.1	Keräys	13
4.2	Raaka-aineiden sekoitus	13
4.3	Dissolveri- ja helmimyllyjauhatus	13
4.4	Loppulisäykset	14
4.5	Purkitus	15
5	Laadunvalvonta	15
5.1	Laadunvalvonnan kohteet	16
5.2	Laadunvalvonnassa suoritettavat kokeet	17

5.2.1	Jauhatus	17
5.2.2	Vedos	18
5.2.3	Kiilto	19
5.2.4	Valuma	20
5.2.5	pH-mittaus	20
5.2.6	Cone & Plate viskositeetti	20
5.2.7	Brookfield viskometrit (KU ja 5/1)	21
5.2.8	DIN-kuppi	22
5.2.9	Ominaispaino	22
5.2.10	Kuiva-ainepitoisuus	23
5.2.11	Tuhkapitoisuus	23
5.2.12	Taittokokeet	23
5.2.13	Rub-out koe	23
5.2.14	Pastojen uimiskokeet	24
5.2.15	Sävytesti	24
5.2.16	Yläkuppi- ja korkeapaineruiskutus	25
5.2.17	Kalvonpaksuus	27
5.2.18	Heiluri -kovuustesti	27
5.2.19	Tikutustesti	28
5.3	Laadunvalvonnan parannus	28
5.4	MSA (Measure System Analysis)	30
6	Kokeellinen osuus	31
6.1	Aqua-Tools QGO-M-XLPD	31
6.1.1	Toimintaperiaate	33
6.1.2	Käyttöönotto	34
6.2	Koulutus	35
6.3	Koetulokset	35
7	Yhteenveto ja päätelmät	38
7.1	Bakteerikoesarja	38
7.2	Koulutus	39
7.3	Laboratorion ja tuotannon yhteistyö	40
8	Pohdinta	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Aqua-Tools QGOM-XLPD käyttöohje	

## Liite 2. Bakterikoesarjan ja tikutuskokeen tuloksia

## Lyhenteet ja käsitteet

6σ	Six sigma. Kuuden sigman järjestelmä, jolla pyritään pienentämään virheellisen tuotannon määrää
Agglomeraatti	Pienistä partikkeleista muodostunut suurempi yhteenkasaantuma
ATP	Adenosiinitrifosfaatti. Yhdiste, jota esimerkiksi mitokondriot tuottavat soluhengityksen aikana
Dispergointi	Jauhatus. Pigmenteistä ja muista täyteaineista muodostuneet agglomeraatit jauhetaan sideaineeseen pienemmiksi partikkeleiksi
Flokkulointi	Fluidissa olevat pienet partikkelit kokoontuvat suuremmiksi kokonaisuuksiksi muodostaakseen tasapainotilan
Fluidi	Neste, kaasu tai plasma
Hydrofiilinen	Veteen hakeutuva
Hydrofobinen	Vettä hylkivä
Krebs Unit	KU. Aineen sekoitustuntumaa kuvaava yksikkö
Lipofiilinen	Rasvaan hakeutuva
Luminometri	Valomittari
MSA	Measure System Analysis. Koeasettelu, joka on kehitetty mitta- ja analyysilaitteiden tulosten vaihtelun lähteiden tunnistamiseksi
Pasta	Nesteeseen dispergoitu seos pigmenttejä

PMY	Pesäkkeitä muodostava yksikkö. Bakteriviljelyssä käytetty termi, jolla kuvataan bakteerien määrää. Englanninkielinen synonyymi on CFU
Poisi	P. Dynaamisen viskositeetin yksikkö Cgs-järjestelmässä, 1 P = 0,1 Pas (pascal sekunti)
Reologia	Oppi fluidin muodonmuutoksista ja virtauksista
RLU	Relative Light Unit. Valon määrä, mitä luminometri analysoi
SPC	Statistical Process Control. Tilastotietoihin perustuva prosessin ohjaus
Van-Der-Waals voima	Molekyylien välisiä heikkoja sähköisiä voimia
VOC	Volatile Organic Compound. Haihtuva orgaaninen yhdiste, jonka kiehumispiste on alle 250 °C

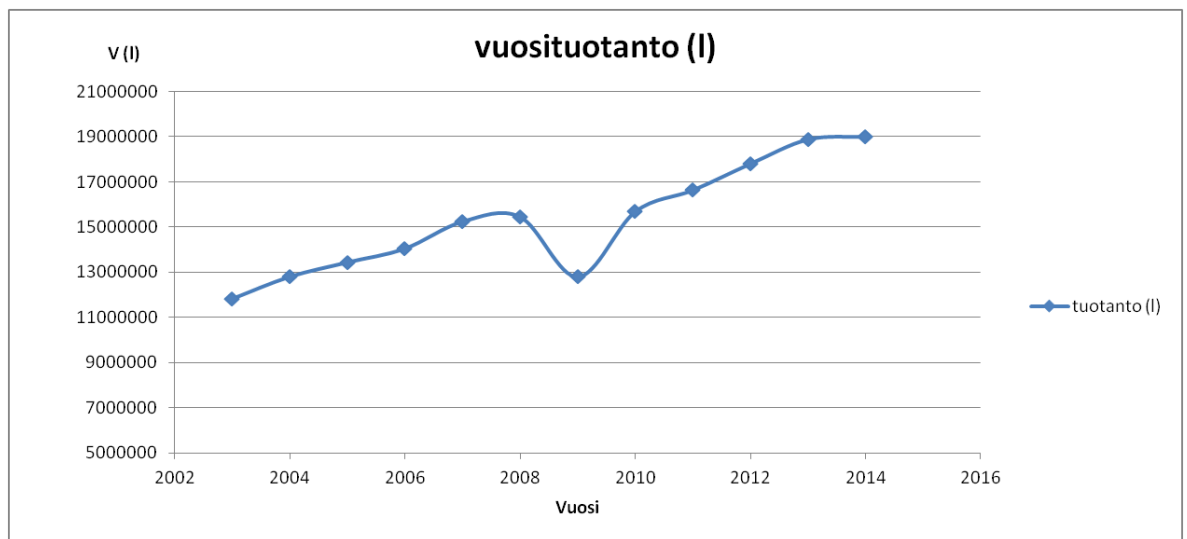


# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Insinööritö tehdään Teknos Oy:n nestemaalien laadunvalvontalaboratoriolle, työn tarkoituksena on kerätä laboratoriossa käytettävät työohjeet ja päivittää ne. Tekninen osa muodostuu uuden bakteeritestisarjan käyttöönotosta ja sarjan käytön kouluttamisesta henkilökunnalle.

Teknos Oy:n tuotantomäärät ovat kasvaneet joka vuosi erittäin nopealla tahdilla (kuvio 1.). Tästä syystä myös laadunvalvonta laboratorion käytäntöjä pitää parantaa samaan aikaan. Tällä hetkellä yhtiön tietokannasta löytyy ohjeita vanhoille laitteille ja laitteiden ja menetelmien kalibrointi- ja käyttöohjeet saattavat olla kahdessa paikassa ja erillään. Työtapojen koulutus tapahtuu osittain ulkomuistista opettamisen kautta ja tämä saattaa aiheuttaa ongelmia, jos koulutettavalla esimerkiksi herää kysymyksiä jostain tietystä työtavasta.



Kuvio 1. Rajamäen nestemaalituotannon keskimääräinen vuosituotanto. [1]

## 1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on saattaa laboratorio siihen pisteeseen, että uuden työntekijän tullessa töihin ja jonkin työtavan herättäessä kysymyksiä, voi tämä työntekijä avata

tietokannasta työohjeen ja tarkastaa miksi näin tehdään. Tavoitteena on myös saada bakteerikoesarja aktiiviseksi osaksi raaka-aineiden laadunvalvontaan ja mahdollisesti myös tulevaisuudessa itse maalien laadunvalvontaan.

### 1.3 Rajaukset

Työssä käydään läpi nykyiset työ- ja kalibrointiohjeet, tarkastetaan puutteet ja korjataan tarvittaessa. Tehdään uudelle bakteerikoesarjalle työohjeet ja koulutetaan henkilökunta käyttämään sitä oikein. Työn tarkoituksena ei ole uudistaa laboratorion menetelmiä muulta osalta.

### 1.4 Tutkimusmenetelmät

On tärkeää tuntea laboratoriossa käytettävät analyysitavat hyvin ennen kuin voi kirjoittaa niistä päteviä ohjeita. Insinööriyön ohjaajalta saatiin paljon hyvää ennakkomateriaalia ja lisää kirjallisuus- ja internetlähteitä oli kohtalaisen helppo löytää lukuunottamatta muutamaa aihealuetta.

Insinööriyön käytännön osuus aloitettiin suomentamalla bakteerikoesarjan käyttöohjeet ja suorittamalla muutamia kokeita itse, jotta sarjan käyttö tulisi tutuksi. Tämän jälkeen aloitettiin henkilökunnan koulutus ja tulosten keräys. Näiden tietojen avulla saadaan selville, kuinka paljon koesarjan tuloksilla on vaihtelua ja kuinka luotettava se on.

Koulutettavalta henkilökunnalta kysyttiin myös ehdotuksia ja mielipiteitä uusiin työohjeisiin liittyen. Näiden tietojen avulla pyritään työohjeista tekemään entistä selkeämpiä ja helpommin ymmärrettäviä.

## 2 Toimeksiantajan esittely

Teknos Oy on perheyritys, joka aloitti toimintansa vuonna 1948 ja on kasvanut yhdeksi Suomen suurimmista perheyrityksistä ja johtavaksi maalialan yritykseksi maailmalla. Teknos on mm. palkittu vuoden perheyritykseksi vuonna 2012. Yhtiö toimii tällä hetkellä 16 maassa Suomen lisäksi ja työllistää noin 1200 henkilöä.[2]

## 2.1 Historia

Teknos Tehtaat Oy:n toiminta alkoi Espoon Tuomarilassa vanhassa kanalassa Y.T. Järvenkylän, U.H. Salon ja Osmo Kiikan toimesta. Ensimmäisenä maalina valmistettiin TUOMO-kaseiniväriä. Vuonna 1949 Järvenkylä ja Kiikka kehittivät idean paremmasta korroosionestomaalista näin synti FERREX-maali, joka oli korroosion ja säänkestokyvyltään huomattavasti parempi kuin kilpailevat tuotteet. Vuonna 1950 Teknos Tehtaat Oy siirsi toimintansa Pitäjänmäelle, missä toinen Teknoksen Suomen tehtaista sijaitsee vielä tänäkin päivänä. Seuraavina vuosina Teknos jatkoi laajenemistaan ja uusien maalien suunnittelua. 1960-luvulla lyijyvalkoisen pigmentin käyttörajoitukset ajoivat kehittelyn suunnan vesiohenteisten maalien puoleen. 1970-luvulla julkaistiin Epirex-, Akva- ja Natura-sarja, jotka olivat parempia vesiohenteisiä maaleja ja lakkoja, kuin edelliset. 1980- ja 1990-luvulla yhtiö laajensi tuotevalikoimaansa ja toimintaansa ulkomailla. 1990 valmistui myös Rajamäen tehdas, jossa valmistetaan nykyään Vesiohenteisiä maaleja ja lakkoja sekä jauhemaalaa. [3, 4]

## 2.2 Kehitys

Teknos Oy on aina panostanut vahvasti tuotekehittelyyn. Tälläkin hetkellä tutkimuksen ja tuotekehittelyn parissa toimii noin 150 henkilöä [3]. Tuotekehityksen ja tutkimuksen tärkeimpiä tehtäviä on valmistaa tai muokata asiakkaalle sopiva maali. Teknoksella on ymmärretty myös tuotteiden laadun takaamisen tärkeys jo alusta lähtien. Tästä syystä Teknos noudattaa MaalausRYL:ä, valmistaa useita eri tuotteita M1-luokassa, allergiatunnuksella ja CE-vaatimusstandardilla.

## 2.3 Tärkeimpiä tuotteita

Teknos valmistaa Rajamäen tehtaalla useita erilaisia vesi- ja öljypohjaisia pinnoitteita, joissa käytetään erilaisia akryyli-, alkydi- ja dispersiosideaineita. Maaleja valmistetaan sekä sisä-, että ulkokäyttöön. Rajamäellä keskitytään puuteollisuuden tuotteisiin.

### 2.3.1 Sisämaalit

Lähes kaikki Teknoksen valmistamista sisämaaleista ovat saaneet M1-päästöluokan leiman, eli ne sisältävät erittäin vähän VOC-yhdisteitä, ammoniakkia ja formaldehydejä. Seuraavassa taulukossa on esitetty M1-päästöluokituksen raja-arvot. [5]

Taulukko 1. M1- ja M2-päästöluokitusten raja-arvot. [5]

<b>Tutkittavat ominaisuudet</b>	<b>M1 [mg/m<sup>2</sup>h]</b>	<b>M 2 [mg/m<sup>2</sup>h]</b>
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio.  Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70%.	< 0,2	< 0,4
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH <sub>3</sub> ) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio <sup>1*</sup>	< 0,005	< 0,005
Haju (epämiellyttävien havaintojen määrä alle 15%) <sup>2*</sup>	ei haise	ei haise

Sisämaalivalikoimasta löytyy myös antimikrobisia maaleja, kuten Timantti Clean ja Biora Clean. Antimikrobisten maalien toiminta perustuu hopeaioneihin, joita on maalin seassa. Nämä ionit estävät bakteerien solujakautumisen. Perinteisiin sisätilamaaleihin kuuluu Ekora-, Timantti-, Biora- ja Trend-sarja. Näillä maaleilla voidaan maalata useita erilaisia materiaaleja puusta metalliin. Ne voidaan myös sävyttää Teknoksen sisämaalivärikartan sävyihin. Maalien kiilto vaihtelee täysihimmeästä puolikiiltävään. [2]

### 2.3.2 Ulkomaalit

Teknoksen ulkokäyttöön valmistettujen maalien tulee kestää paljon enemmän säättä, vaihtelevia olosuhteita ja rasitusta kuin sisämaalien. Tämä tarkoittaa, että valmistuksessa on käytettävä enemmän VOC-yhdisteitä, homeenesto-, puunsuoja- ja ruostesuoja-aineita. Ulkomaalaukseen tarkoitetuista maaleista yleisimmät ovat Nordica-, Woodex- ja Kirjo-sarja. Näitä maaleja voi käyttää esimerkiksi puun, peltikattojen ja tiilikattojen maalaukseen. Teknoksella on myös CE-sertifikaatin saanu maalisarja. Siloksan on kiviainepinnoille tarkoitettu maaalisarja. [2]

## 3 Nestemaalin koostumus

Maalikalvo koostuu sideaineesta sekä siihen hajotetuista eli dispergoiduista pigmenteistä ja apuaineista. Ellei kalvossa ole pigmenttiä, sitä sanotaan lakkakalvoksi. [6, s. 10]

### 3.1 Sideaineet

Sideaineet ovat maalissa se raaka-aine, joka tarttuu kiinni maalattavaan pintaan ja sitoo pigmentin ja täyteaineet sisäänsä. Sideaine valinta vaikuttaa suoraan maalin kestävyys, kovuuteen, joustavuuteen, korroosion kestävyys ja kiiltoon.

Ne koostuvat yleensä suurimolekyylisistä polymeereistä tai lakkahartseista, jotka maalin kuivuessa muodostavat polymeerejä. Sideaineiden ulkomuoto vaihtelee hyvin paljon, toisten sideaineiden viskositeetti on niin korkea, että ne pitää sekoittaa jonkin liuottimen kanssa ennen sekoittamista maaliin, toiset ovat jauheita ja toiset ovat nesteitä joiden viskositeetti ei ole niin korkea [6, s. 10-11].

Maaleja voidaan luokitella useilla tavoilla, kuten kuivumistavan tai ohenteen mukaan, yleisin luokittelutapa on kuitenkin sideaineen perusteella. Taulukossa 2 on listattuna tavallisesti käytetyt sideaineet ja niiden kuivumistavat.

Taulukko 2. Yleisiä sideaineita. [6, s. 11]

Tavallisimmat sideaineet		
Fysikaalisesti kuivuvia	Liuksessa	Nitroselluloosa Kloorikautsu Vinyyli Akryyli
	Dispergoitu veteen	Polyvinyylasetaatti-lateksi Akryyliateksi Akryylipolymeeri-lateksi
	Dispergoitu orgaaniseen nesteeseen	PVC-plastisolit PVC-organosolit
Kemiallisesti kuivuvia	Hapettumalla kuivuvat	Kuivuvat öljyt Alkydit Styrenoidut alkydit Ureaanialkydit Epoksiesterit
	Korkeassa lämpötilassa kuivuvat	Alkydi-aminohartsit Epoksiesteri-aminohartsit Epoksi-amino-fenolihartsit Akryylihartsit Silikonit
	Katalyytin avulla kuivuvat	Alkydi-aminohartsit Polyesterihartsit
	Kaksikomponentti-reaktion kautta kuivuvat	Epoksihartsit Polyuretaanihartsit
	Kosteus-kovettuva	Isosyanaattihartsit
	Epäorgaaniset	Kalkki Sementti Silikaatti

Maalin valmistuksessa pigmentin levittäminen sideaineen sekaan on erittäin tärkeää. Normaalisti pigmentit muodostavat agglomeraatteja, mutta mekaanisen voiman(dissolverin terän) ja erilaisten apuaineiden avulla pigmentit saadaan dispergoitua maaliin tasaisesti. Mitä hienojakoisemmaksi pigmentit saadaan, sitä tasaisempi maalin väristä, pinnasta ja levittyvyydestä tulee. Stabilointi kunnollisen dispersion jälkeen on yhtä tärkeää kuin itse dispersio, sillä jos maalia ei stabiloida, pigmentit flokkuloituvat pikkuhiljaa takaisin alkuperäiseen tilaan ja maaliin saattaa tulla sävy- ja pintamuutoksia. Hyvä dispersio siirtää maalin käyttäytymistä myös Newtonin nesteen suuntaan ja huono dispersio pois päin siitä. [7, s. 30-4]

### 3.2 Pigmentit

Pigmentit ovat hienojakoisia jauheita, joilla annetaan maalille väri. Ne myös suojaavat sideainetta ja maalattavaa pintaa UV-säteilyltä. Pigmenttipartikkelit eivät liukene maalin sekaan vaan levittyvät tasaisesti apuaineiden ja jauhatuksen avulla maalin sekaan. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, kunnollinen dispersio on erittäin tärkeää. Se on myös kustannustehokkaampaa, sillä pigmentit ovat usein kallein osa maalista ja mitä pienijakoisemmaksi pigmentin saa jaettua, sitä paremman värisävyn ja levittyvyyden se aiheuttaa [7, s. 31-5].

Pigmentit jaetaan epäorgaanisiin ja orgaanisiin pigmentteihin. Epäorgaanisten pigmenttien peittokyky on hyvä, mutta niiden värisävyt eivät ole niin puhtaita. Vastaavasti orgaanisten pigmenttien peittokyky on heikompi, mutta värisävy on huomattavasti puhtaampi. Pigmenttien muut ominaisuudet kuten rasituksen kesto tai lämmönkestävyys vaihtelevat paljon riippumatta siitä, onko kyseessä orgaaninen vai epäorgaaninen pigmentti. Lyijy-, kadmium- ja kromi(VI)pigmenttien käyttö on lopetettu pitkälti niiden terveyshaittojen vuoksi [8]. Taulukossa 3 on esitetty muutamia orgaanisia ja epäorgaanisia pigmenttejä.

Taulukko 3. Epäorgaanisia ja orgaanisia pigmenttejä. [9]

Epäorgaaninen		
Nimi	Molekyylikaava	Väri
Hiilenmusta	C	musta
Titaaninvalkoinen	TiO <sub>2</sub>	valkoinen
Kromivihreä	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	vihreä
Koboltisininen	CoAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	sininen
Preussin sininen	Fe <sub>7</sub> (CN) <sub>18</sub>	sininen
Rautaoksidi punainen	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	punainen
Orgaaninen		
Nimi	Molekyylikaava	Väri
Ftalovihreä	C <sub>32</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>13</sub> CuN <sub>8</sub>	vihreä
Ftalosininen	C <sub>32</sub> H <sub>16</sub> N <sub>8</sub> Cu	sininen
Alitsariini	C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	punainen
Kinakridonipunainen	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	punainen
Aniliininpunainen	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>3</sub> Cl	magenta

### 3.3 Täyteaineet

Pigmenttien lisäksi maaliin lisätään myös apupigmenteiksikin kutsuttuja aineita eli täyteaineita. Nämä ovat yleensä mineraaleja kuten kalsiitti, talkki tai kaoliini. Niiden tehtävänä on tiivistää ja lujittaa maalikalvoa ja säädellä maalin muita ominaisuuksia. Säädetäviin ominaisuuksiin kuuluu maalin kiilto, viskositeetti, kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet. Täyteaineilla saadaan samalla myös laskettua maalin litrahintaa. Ne eivät kuitenkaan vaikuta värisävyyn tai peittävyYTEEN vaikka ovat yleensä vaaleita jauheita lisäysvaiheessa, sillä nesteeseen dispergoitaessa ne muuttuvat läpinäkyviksi. [6, s. 11-12]

### 3.4 Apuaineet

Maaliin lisätään myös pieniä määriä erilaisia apuaineita, niiden kokonaismäärä on tavallisesti 0,1 - 1 % maalin kokonaistilavuudesta. Apuaineilla vaikutetaan maalin



ominaisuuksiin monella eri tavalla [6, s. 12]. Apuaineiden käyttö vaihtelee vesi- ja liuotinpohjaisten maalien välillä. Kostutinaaineet toimivat esimerkiksi liuotinpohjaisissa maaleissa myös dispergointiaineina, kun taas vesipohjaisissa maaleissa nämä ovat kaksi eri ainesosaa [7, s. 30-2]. Apuaineet voidaan jakaa ryhmiin niiden vaikutusten mukaisesti ja tärkeimmistä on kerrottu tarkemmin listan alla:

- paksuntajat
- dispergointiaineet
- kostutinaaineet
- vahat ja parafiinit
- UV-suoja-aineet
- vaahdonestoaineet
- korroosionestoaineet
- biosidit.

#### 3.4.1 Paksuntajat

Paksuntajilla nostetaan nimensä mukaan maalin viskositeettia halutulle alueelle. Näin parannetaan maalin levitettävyyttä, valumisominaisuuksia ja tasoittumista. Paksuntajina käytetään erilaisia selluloosia, akrylaatteja, hydrattuja risiiniöljyjä tai savia. [10]

#### 3.4.2 Dispergointiaineet

Dispergointiaineilla pyritään estämään partikkeleiden, varsinkin pigmentin flokkulointi. Pigmenttien flokkulaatio maalin säilytyksen aikana saattaa aiheuttaa vaiheluita sävyssä ja sen reologisissa ominaisuuksissa [7, s. 30-5]. Dispergointiaineet toimivat sähköstaattisesti tai steerisesti. Sähköstaattisissa dispergointiaineissa on paljon heikosti varautuneita ioneja, jotka ympäröivät vastakkaisella varauksella olevat

partikkelit. Suurin osa liuksen partikkeleista muuttuu tällä tavalla joko negatiivisesti varautuneiksi tai positiivisesti varautuneiksi ja partikkelit hylkivät toisiaan.

Steerisessä dispergoinnissa apuaine sisältää pitkäketjuisia polyvinyylialkoholeja tai erilaisia tärkkelyksiä. Nämä ketjut kiinnittyvät maalissa oleviin partikkeleihin kiinni ja ketjujen pituus estää partikkelien välisten van-der-waals voimien vaikutuksen. Maaleissa käytetään myös joskus molempien dispergointitapojen yhdistelmää, tätä kutsutaan elektrosteeriseksi stabiloimiseksi. [11, s. 40-47]

#### 3.4.3 Kostutinaaineet

Kostutinaaineilla parannetaan maalin leviämismominaisuuksia, eli sillä alennetaan pintajännitystä. Kostuttimina käytetään pinta-aktiivisia aineita, jotka ovat karboksyyli- tai hydroksidiryhmän sisältäviä pitkiä hiiliketjuja. Niiden toiminta perustuu siihen, että toinen pää yhdisteestä on hydrofiilinen ja toinen lipofiilinen. Ne toimivat samalla perusteella kuin dispergointiaineetkin, eli ne ympäröivät partikkelit ja neste-kaasu-rajapinnat. [12]

#### 3.4.4 Vaahdonestoaineet

Sekoitus ja raaka-aineenlisäysvaiheessa maaliin päätyy usein ilmaa, joka muodostaa pieniä kuplia maalin sisään. Kuplat heikentävät maalin toimintaa estämällä täyteaineiden ja pigmenttien levittymistä ja maalausvaiheessa ne saattavat aiheuttaa pintavirheitä ja estää maalia tarttumasta alustaan. Maalissa käytettävät apuaineet ovat toisinaan osa ongelmaa, sillä pitkät hiiliketjut kuten kostutinaaineet ympäröivät myös ilmakuplat maalin pinnan ja partikkelien lisäksi. [13]

Vaahdonestoaineet koostuvat pinta-aktiivisista aineista, jotka ujuttautuvat ilmakuplan ja nesteen väliin rikkoen niiden välisen jännityksen. Vaahdonestoaineet eivät itsessään liukene nesteeseen, vaan levittyvät pieninä pisaroina tai partikkeleina sen joukkoon. Ne koostuvat yleensä piiyhdisteistä, mineraali- ja kasviöljyistä tai polymeereistä. [13]

#### 3.4.5 Biosidit

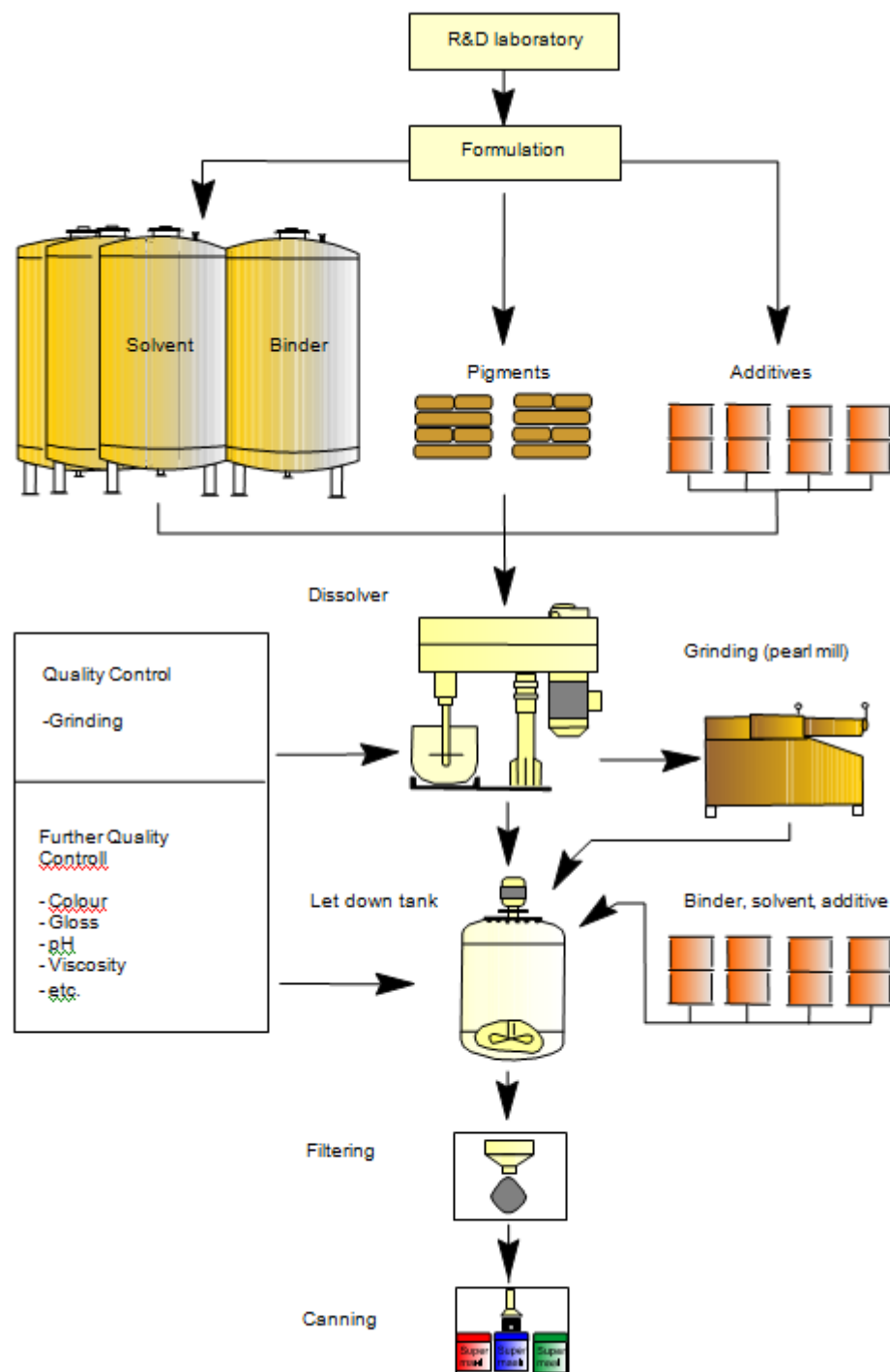
Biosidit ovat maaliin lisättäviä aineita, joilla estetään bakteerien, hiivojen ja sieneliöiden kasvu maalin seassa. Biosidien käyttö maaleissa on tärkeää, sillä mikrobiologinen

kontaminaatio voi aiheuttaa pahimmillaan muutoksia pH-arvossa, värissä, hajussa, viskositeetissa ja heikentää maalin toimintaa. Säilömisaineet voidaan jakaa purkkiin ikään vaikuttaviin ja kuivakalvoon vaikuttaviin aineisiin. Ne koostuvat yleensä erilaisista aldehydeistä, amideista tai klooratuista fenoleista. [7 s. 36-1 - 36-3]

#### **4 Maalin valmistusprosessi**

Maaliin lisätään erilaisia raaka-aineita riippuen siitä, millaisia ominaisuuksia siltä vaaditaan. Ulkomaalit esimerkiksi vaativat huomattavasti parempaa säänkestoa, kuin sisämaalit. Nestemaalia valmistetaan suhteellisen yksinkertaisella menetelmällä, valmistusprosessin voi jakaa viiteen osaan:

- keräys
- raaka-aineiden sekoitus
- dissolverijauhatus (ja helmimyllyjauhatus)
- loppulisäykset
- purkitus.



Kuvio 2. Nestemaalın valmistusprosessikaavio. [14]

#### 4.1 Keräys

Aluksi kerätään käsin raaka-aineet, joita tarvitaan reseptin mukaan pienempi määrä eli 0 – 30 kg. Näihin kuuluu yleensä erilaiset pH:n säätäjät, paksuntajat, puhdistusaineet ja muut apuaineet. Käsin kerättäviä raaka-aineita punnitessa tulee olla varovainen, jotta välttyttäisiin roiskeilta. Keräilijöiden tulee käyttää kasvot peittävää suojamaskia keräilyn aikana. Näin minimoidaan mahdollisuus, että jotain terveydelle vaarallista nestettä pääsisi roiskumaan silmille tai kasvoille. Työntekijät käyttävät maskien lisäksi myös työhaalareita, turvakenkiä ja käsineitä ihon suojaamiseksi.

Keräilijä saa kerättyä lähes kaikki raaka-aineet yhdestä paikasta, mutta erittäin myrkylliset aineet ja palovaaralliset aineet ovat säilöttynä eri varastoon. Jos reseptissä on käytössä tällaisia aineita, keräilijän on soitettava varastotyöntekijälle, joka toimittaa tämän jälkeen kyseessä olevan raaka-aineen keräilypaikalle.

Reseptissä lukee raaka-aineiden vieressä lisäohjeita liittyen niiden käsittelyyn. Toisia raaka-aineita sekoitetaan keskenään ennen lisäystä ja joitain raaka-aineita pitää lisätä erittäin varovasti, jotta esimerkiksi vältytään muodostamasta maaliin isoja paakkuja. Raaka-aineiden koostumus vaihtelee jauheesta geeliin ja nesteeseen. Riippuen kunkin aineen koostumuksesta, pitää niitä käsitellä niille sopivalla tavalla

#### 4.2 Raaka-aineiden sekoitus

Raaka-aineiden keräyksen jälkeen ne kuitataan tehtaan tietojärjestelmään varatuiksi. Tämän jälkeen siirytään panossäiliölle, johon pumpataan pohjalle reseptin mukainen määrä vettä, joka toimii maalin pohjana. Raaka-aineet sekoitetaan panokseen reseptin määräämässä järjestyksessä.

#### 4.3 Dissolveri- ja helmimyllyjauhatus

Jokaisella panossäiliöllä on oma sekoitin eli dissolveri. Tämä lasketaan säiliön keskelle ja maalia ruvetaan sekoittamaan heti ensimmäisestä lisäyksestä lähtien ja sitä jatketaan kaikkien raaka-ainelisäysten ajan. Dissolverilla on kaksi tehtävää: sen pitää sekoittaa maalia ja samalla jauhaa lisättävien kuiva-aineiden partikkelikokoa pienemmäksi. Tehtaalla on myös useita pienempiä dissolvereita, joiden avulla tehdään esisekoituksia tietyille raaka-aineille ennen lisäystä panokseen.

Maalin sekaan lisätään noin puolessa välissä reseptiä sideainetta, jota lisätään n. 30-40 % panoksen kokonaistilavuudesta. Sideaineet lisätään pääosin suursäiliöistä virtausvalvontajärjestelmän avulla eli tietokoneeseen syötetään lisättävä määrä ja järjestelmä pumpkaa automaattisesti toivotun määrän säiliöön. Jokaiselta suursäiliöltä on johdettu putki jakelupisteelle, mistä sideaine voidaan ottaa erilliseen lisäystynnyriin tai johtaa suoraan panossäiliölle. Kaikki suursäiliöt eivät sisällä nesteitä. Osasta pumpataan paineilman avulla pigmenttejä tai muita jauhemuodossa olevia raaka-aineita. Kun sideaineet on pumpattu panokseen, lisätään loput reseptin mukaiset raaka-aineet ja sekoitusta jatketaan.

Valmistettavasta maalista tai lakasta viedään laboratorioon jauhatusnäyte yleensä sideaineiden lisäyksen jälkeen. Jos tuotteen jauhatus on liian korkea, sen sekoittamista jatketaan dissolverilla, ja tämän jälkeen viedään uusi näyte. Joissain tapauksissa maali pitää pumpata helmimyllylle. Maalia pyöritetään helmimyllyssä pienien jauhatinkappaleiden kanssa. Jauhatinkappaleet voivat olla mm. zirkonhelmiä tai muita kovasta materiaalista valmistettuja kappaleita [15, s. 5]. Maalin partikkelikoko pienenee kun partikkelit hankaavat toisiaan vasten ja törmäävät jauhatinkappaleisiin [15, s. 5].

#### 4.4 Loppulisäykset

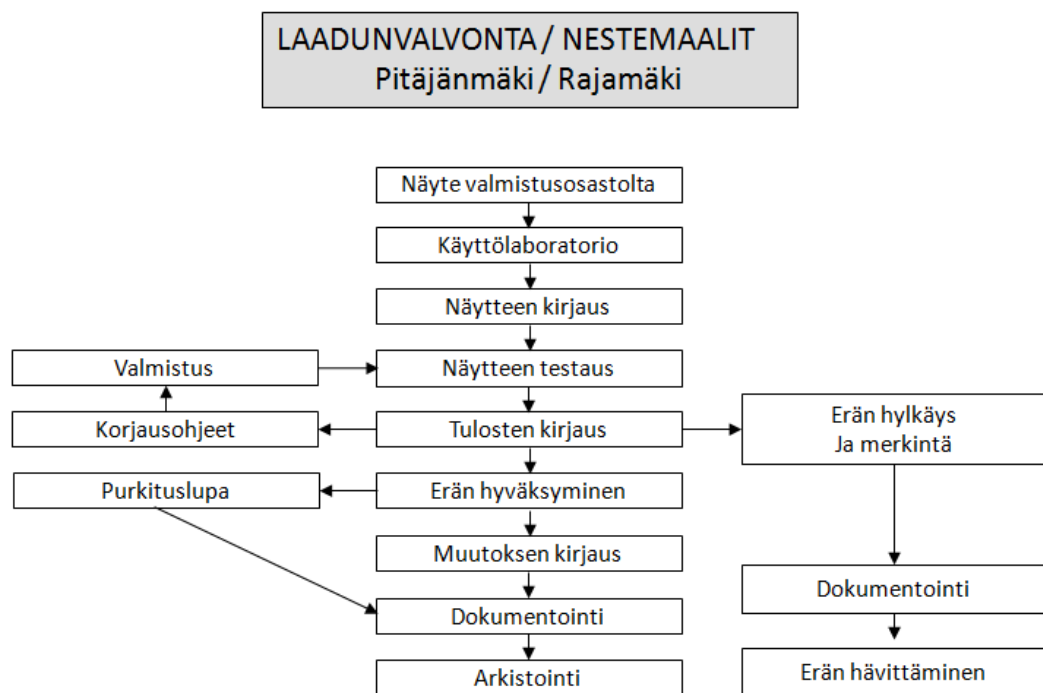
Kun kaikki raaka-aineet on saatu sekoitettua pataan, otetaan nesteestä näyte, joka viedään laboratorioon reseptin ja työohjeiden kanssa analysoitavaksi. Jos panokseen pitää tehdä korjauksia, laboratorio tulostaa valvomoon paperin, jossa lukee mitä raaka-aineita tulee lisätä panokseen ja kuinka paljon. Lisäykset tehdään annetussa järjestyksessä ja tämän jälkeen panosta sekoitetaan uudestaan, jotta se homogenisoituisi. Tämän jälkeen laboratorioon viedään uusi näyte. Tätä prosessia jatketaan niin kauan, että maali saadaan reseptin mukaisiin rajoihin kiillon, viskositeetin ja muiden laboratoriossa mitattavien suureiden mukaan.

Kun maali on laboratorion mukaan hyvää, aloitetaan sen pakkaaminen. Laboratoriosta saatetaan pyytää vielä seulontanäyte ennen purkitusta. Tämän näytteen avulla varmistetaan, että mahdolliset suuret partikkelit, jotka näkyisivät maalipinnassa, jäävät seulaan kiinni. Säiliön alle kiinnitetään sopivan kokoinen seula ja seualta maali johdetaan letkun avulla purkituspisteeseen.

#### 4.5 Purkitus

Purkituspisteillä maalia punnitaan purkitusohjeen mukainen määrä maalipurkkiin tai suursäkkiin. Prosessi on automaattinen ja työntekijän tehtävänä on vaihtaa purkki täyttäjän alle, asettaa kansi täytetyn purkin päälle ja painaa täyttönappia, jotta seuraava purkki täyttyisi. On myös purkituslinjoja, joissa työntekijän tehtävänä on vain valvoa purkkien ja lavojen täyttymistä. Täysi purkki, johon on asetettu kansi, siirtyy kannenkiinnityspisteelle, jossa laite painaa kannen kunnollisesti purkkiin kiinni ja sulkee mahdolliset korvakkeet. Tämän jälkeen purkki siirtyy lavauspisteelle, missä imukuppijärjestelmä siirtää 3-4 purkkia kerrallaan lavan päälle. Täydessä lavassa on 22 - 120 purkkia tai yksi suursäkki, jotka toimitetaan varastoon.

### 5 Laadunvalvonta



Kuvio 3. Rajamäen ja Pitäjänmäen laadunvalvontakaavio. [14]

Maalia valmistaessa on erittäin tärkeää pitää huolta myös maalin laadusta, jotta maalierien välillä ei olisi merkittävää eroa. Maalin on oltava niin tasalaatuista, että eroa ei huomaa jos maalia levitetään seinälle kahdesta eri erästä. Kuvio 3 näkee laadunvalvontalaboratorion toimintaperiaatteen.

## 5.1 Laadunvalvonnan kohteet

Laadunvalvontalaboratoriossa jokaiselle maalille on määritetty kokeet, joiden avulla määritetään tarvitseeko maalin ominaisuuksia säätää. Maalipanoksien ominaisuuksia joudutaan usein vähän säätämään erilaisista muuttujista johtuen. Näihin muuttujiin kuuluu mm. kuinka tarkkaan henkilö punnitsee raaka-aineet, mitä maalia panossäiliössä on valmistettu ennen ja mikä erä raaka-ainetta on käytössä.

Rajamäen laadunvalvontalaboratorion tehtävänä on valvoa sekä maalien, että raaka-aineiden laatua suorittamalla niille ennalta määritettyjä kokeita, jotka maalien kehittäjien päättämiä. Tietyt ominaisuudet omaavalle maalille on turhaa tehdä kaikkia mahdollisia kokeita. Esimerkiksi jos maali on erittäin paksua, ei sitä kannata analysoida DIN-kupilla. Liiallinen laadunvalvonta ei myöskään ole hyvä asia. Tällöin tuhlataan aikaa ja resursseja työhön, josta ei lopuksi ole kuitenkaan varsinaista hyötyä.

Yhtenä osana opinnäytetyötä on tarkastaa ja päivittää työohjeiden sisältö Teknoksen tietokannasta. Yhtiöllä on ollut pitkän aikaa vastuussa käytännössä yksi henkilö sekä Rajamäen että Pitäjänmäen laadunvalvonnan työohjeistuksesta. Valitettavasti on edetty siihen tilanteeseen, että osaan Rajamäellä tehtävistä analyysistä ei ole kunnollisia työohjeita tietokannassa. Osalla analyysistä kalibrointiohjeet ja itse työohjeet ovat kahdessa eri tiedostossa. Tietokannasta löytyy myös useita käyttö- ja kalibrointiohjeita laitteille, joita ei ole käytetty vuosiin. Tämä johtuu siitä, että Rajamäen tuotanto ja tuotevalikoima kasvaa jatkuvasti ja ajanpuutteen vuoksi ohjeita ei ole ehditty päivittää tai poistaa tietokannasta. Tällä on ollut ei-haluttuja sivuvaikutuksia laadunvalvontalaboratoriossa. Työntekijät luottavat toistensa tietämykseen tällä hetkellä enemmän, kuin tietokannan työohjeisiin. Kun työntekijä kääntyy toisen henkilön puoleen ohjeistusta varten, auttava työntekijä opettaa helposti oman henkilökohtaisen menetelmänsä tehdä koe. Kun tämä jatkuu riittävän pitkään saattaa kokeen alkuperäinen tarkoitus tai osa siitä unohtua. Kuten myöhemmissä kappaleissa on mainittu, työohjeita tehtäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, millä tavalla eri vaiheiden tekeminen ohjeistetaan. Tällä tavalla pyritään välttämään sellaisten tottumuksien muodostumista, joilla saattaisi olla negatiivinen vaikutus itse suoritettavaan kokeeseen.

Tällä hetkellä osa laadunvalvonnassa tarvittavista tiedoista kulkee suusta suuhun koulutuksen avulla uusille henkilöille. Tämä aiheuttaa ongelmia, sillä kaikki tuntevat



rikkinäisen puhelimen periaatteen. Tarkoituksena olisi saada tietokannan ohjeistus sille tasolle, että ongelman esiin noustessa työntekijä voi hakea ohjeen suoraan tietokannasta ja tarkastaa tämän perusteella, mitä hänen tulisi tehdä. On myös otettava huomioon, että tällä hetkellä tietokannasta ohjeiden löytäminen on haastavaa, jos ei ole esitietoa siitä, missä ne ovat. Tämän ongelman parissa työskennellään jo, sillä yhtiö on päivittämässä tietokantaansa ja samalla on tarkoitus parantaa käyttöhelppoutta ja järjestää sen sisältämät dokumentit johdonmukaisempaan järjestykseen. Tämä on otettu huomioon myös uusien ohjeiden laatiessa. Vanhat ohjeet on tehty tietyille pohjalle ja pyritty pitämään yhtenäisen näköisinä, mutta tämä lisää työtä ohjeiden laatiessa. Ohjeiden laatija saattaa joutua lähettämään saman ohjeen tarkistukseen monta kertaa muotoiluvirheen takia. Päivitetyissä ohjeissa hyödynnetään erittäin paljon liitteitä. Ohjeella on otsikko ja tarvittavat tiedot, mutta itse työ- tai kalibrointiohje saattaa olla vain liitteenä. Tämä helpottaa muokkaamista ja itse ohjeen levittämistä yhtiön sisällä. Insinööritoiminnan alussa tarkastettiin tietokannan sisältö ja sieltä karsittiin käyttö- ja kalibrointiohjeet, jotka eivät olleet enää käytössä.

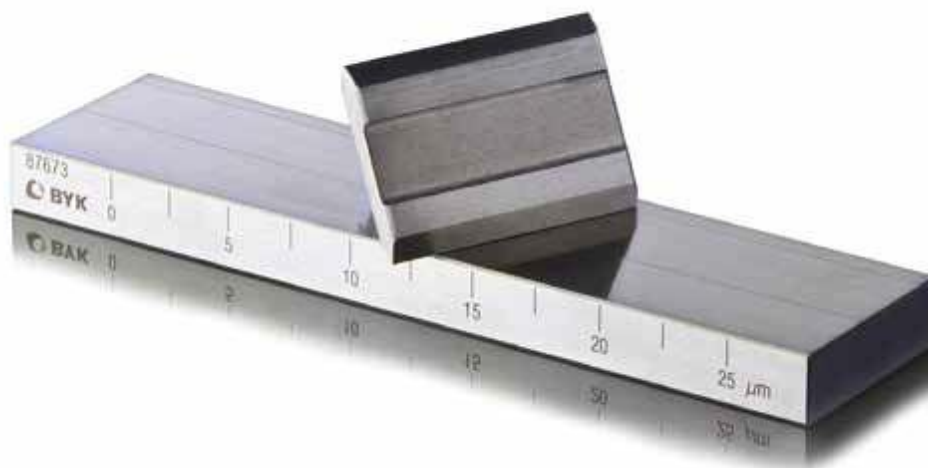
## 5.2 Laadunvalvonnassa suoritettavat kokeet

Maalille ja raaka-aineille suoritetaan useita erilaisia kokeita. Jotta kokeiden tulokset olisivat verrattavissa keskenään, on maalien ja raaka-aineiden kokeet suoritettava mahdollisimman samankaltaisissa oloissa. Tästä syystä näytteet temperoidaan vakio-lämpötilaan ennen kokeiden suorittamista. Teknoksella suoritetaan myös joitain kokeita, jotka ovat tarkoitettu ainoastaan sertifikaatteja varten. Näiden kokeiden tarkoitus on varmistaa, että sertifikaatin saanut maali pysyy sertifikaatin määrittämässä rajoissa. Useita analyyseja suoritetaan myös ISO-standardien mukaan. Esimerkiksi kaikki viskositeettimittaukset kuuluvat SFS-EN ISO 2431 standardiin ja kaikki ominaispainomittausmenetelmät perustuvat SFS-EN ISO 2811 standardiin. Kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen on osa SFS-EN ISO 3251 standardia ja tuhkapitoisuus koe on osa SFS-EN ISO 3451 standardia.

### 5.2.1 Jauhatus

Jauhatus mitataan maalin sekoituksen jälkeen ja tämän avulla määritetään tarvitseeko maalia kierrättää vielä helmimyllyssä tai dissolverissa. Jauhatusaste mitataan grindometrillä, joka on paksu metallista valmistettu särmiö. Grindometrin päällä on kaksi uraa, jotka syvenevät toiseen päähän siirtyessä (kuvio 4.). Sen kyljessä on mitta-asteikko, mittausta suoritetaan kaatamalla pieni määrä maalia urien syvempään päähän

ja vetämällä se aplikaattorilla tasaisella nopeudella toiseen päähän. Suuret partikkelit tarttuvat tietyssä kohdassa aplikaattoriin mukaan ja näkyvät grindometrissä raitoina tai aplikaattori etenee niin pitkälle uralla, että maalissa alkaa näkyä partikkeleita pienen alueen sisällä. Näiden avulla määritetään tutkittavan maalin jauhatus.



Kuvio 4. Kuva grindometristä ja aplikaattorista. [16]

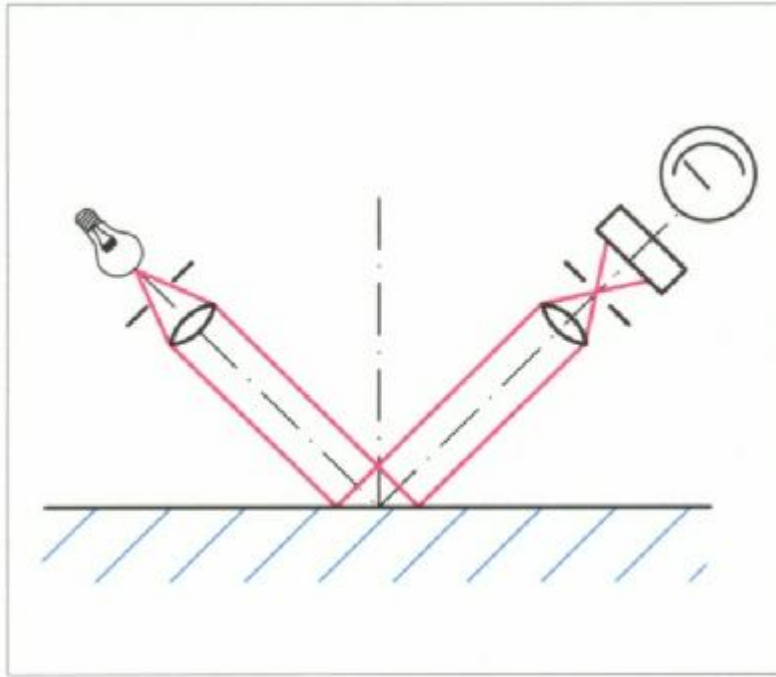
Maaleille on määritelty omat jauhatusteensa riippuen maalin paksuudesta, peittävydestä ja maalauspinnoista, mille se on suunniteltu. Paksummat maalit eivät tarvitse yleensä niin hienoa jauhatustetta, sillä niillä maalattavat kalvonpaksuudetkin ovat yleensä korkeampia ja tällöin suuremmatkin partikkelit jäävät maalikerroksen alle piiloon. Jauhatuste vaihtelee yleensä 10 – 80 µm:n välillä. Jauhatuksen mittaamisen ohjeet päivitettiin työn ohessa.

### 5.2.2 Vedos

Maalista tehdään vedos kaatamalla pieni määrä maalia vedospahville ja sen jälkeen levittämällä se aplikaattorilla tasaiseksi kerrokseksi. Tämän jälkeen vedos laitetaan uuniin 50 °C:seen kahdeksitoista minuutiksi tai annetaan kuivua vetokaapissa laboratoriokaavakkeen ilmoittaman ajan. Vedoksista mitataan maalin kiilto ja niiden avulla tarkastellaan myös maalin pinnan laatua ja kuinka hyvin dissolveri ja helmimyyly ovat jauhaneet partikkelit. Parhaimman esimerkin maalin pinnasta saa ruiskuttamalla maalin sille tarkoitetulle pinnalle kuten puulle tai metallilevylle.

### 5.2.3 Kiilto

Maalin kiilto mitataan siitä tehdyistä vedoksista. BYK:n kiiltomittari kohdistaa valosäteen maalikalvolle ja anturi mittaa heijastuneen valon intensiteetin [17] 85°, 60° ja 20° kulmassa(kuvio 5.). Erittäin kiiltävillä maaleilla arvot ovat korkeita ja päinvastoin.



Kuvio 5. BYK micro-tri-gloss kiiltomittarin toimintaperiaate. [17]

Taulukossa 4 on listattuna Maalaus RYL 2012 kiiltoryhmät.

Taulukko 4. Maalaus RYL 2012 kiiltoryhmät. [18]

Kiiltoryhmä		Kiiltoarvo 60°
1	täyskiiltävä	yli 80 yksikköä
2	kiiltävä	61...80 yksikköä
3	puolikiiltävä	36...60 yksikköä
4	puolihimmeä	11...35 yksikköä
5	himmeä	6...10 yksikköä
6	täyshimmeä	0...5 yksikköä

#### 5.2.4 Valuma

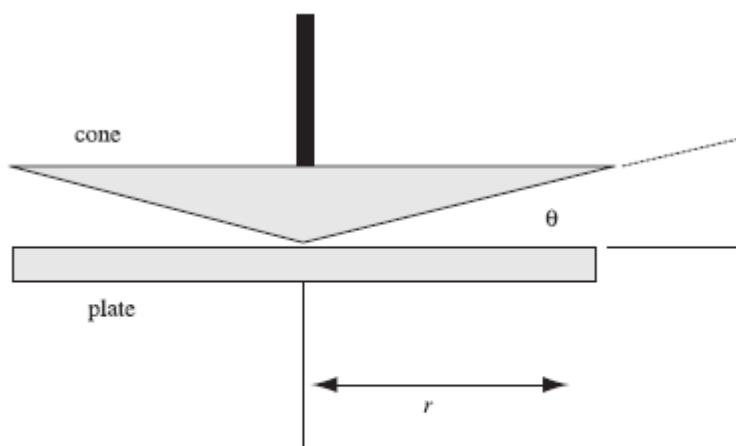
Valuma tehdään samanlaiselle pahville kuin vedoskin, mutta sen sijaan että maali levitettäisiin yhdeksi tasaiseksi kerrokseksi, se levitetään eri paksuisiksi raidoiksi siihen tarkoitetulla aplikaattorilla. Raitojen paksuudet vaihtelevat 100 – 1000  $\mu\text{m}$ :n välillä. Erittäin juokseville maaleille käytetään matalampia raitoja ja päinvastoin. Tämän jälkeen pahvi teipataan seinään kiinni ja tarkastetaan tasaisin väliajoin. Maali saa yleensä muodostaa hieman paksumman reunuksen tietyillä kalvonpaksuuksilla kyseisen raidan alareunaan, mutta yli 20 % valumista levitetyn raidan paksuudesta ei sallita. Valuman työohjeita päivitettiin työn ohessa.

#### 5.2.5 pH-mittaus

Maalista mitataan pH-arvo Mettler Toledon pH-mittarilla. PH-arvo on logaritminen arvo nesteessä olevasta vetyionimäärästä. Neutraalin liuoksen pH-arvo on noin 7. Sitä alemman arvon omaavat nesteet ovat happamia ja vastaavasti korkeamman arvon omaavat nesteet ovat emäksisiä. Laite toimii elektrodin avulla, joka upotetaan maaliin. Laitteen toiminta perustuu elektrodin sisällä olevan liuoksen ja analysoitavan maalin tai muun liuoksen muodostamaan potentiaalieroon, jonka laite laskee pH-arvoksi. Maaleilla on tärkeä olla tietty pH-arvo, sillä osa niihin lisätyistä raaka-aineista toimivat vain tietyllä pH-arvolla. Yleensä maalien tahdotaan olevan hieman emäksisiä [19, 20].

#### 5.2.6 Cone & Plate viskositeetti

Maalista mitataan viskositeettia Brookfieldin Cap1000+ viskometrillä. Tässä laitteessa akselin päädyssä on kiinnitettynä pieni ympyräkartion muotoinen levy. Kartion kulma on erittäin pieni: yleensä 1 - 5 °. Maalista laitetaan pieni tippa pohjalevyllä ja ympyräkartio lasketaan sen päälle. Kun viskometri laitetaan päälle, se pyörittää akselia vakionopeudella ja sensori mittaa näytteen leikkausjännityksen ja ilmoittaa tuloksen poisina. Cone & Plate viskometrillä voidaan mitata nesteitä, joiden viskositeetti vaihtelee 0,2 – 100 Poisen välillä [21].



**Figure 2.** Schematic diagram of the cone and plate rheometer.  $\theta$ , is the gap angle between cone and plate and  $r$ , is the radius of the cone (and plate as well).

Kuvio 6. Kuva Cone & Plate viskometrin kärjestä. [22]

#### 5.2.7 Brookfield viskometrit (KU ja 5/1)

Maalin viskositeettia mitataan myös Brookfieldin rotaatioviskometreillä. Toinen viskometreistä mittaa Krebs -yksiköitä ja toinen mittaa senttipoiseja. KU-viskometrissa käytetään karaa, jossa on kaksi eri korkeudelle asetettua lapaa, jotka lasketaan näyttekuppiin. Karaa pyöritetään vakionopeudella ja laite ilmoittaa Krebs -yksikkölukeman näytölle reaaliajassa. Laitteella voidaan mitata nesteitä, joiden KU-arvo on 40 – 141 [23]. Krebs -yksikkö kuvaa maalin tuntua sekoitettaessa ja se ei ole suoraan verrattavissa mihinkään viskositeetin SI -yksikköön [24]. KU-viskometrin ohjeita piti päivittää.

Toinen Brookfieldin viskometri toimii karalla, jossa on ympyrän muotoinen levy vaakatasossa. Karaa pyöritetään vakionopeudella näytteessä ja laite ilmoittaa viskositeetin senttipoiseina. Karojen levykoko vaihtelee ja niitä pyöritetään eri kierroslukumäärällä riippuen maalista. Yleisin koe on karalla numero 5, jota pyöritetään 1 kierros / minuutti. Tämän viskometrin avulla mitataan myös maalin käyttäytymistä sekoitettaessa. Laitteella voidaan mitata viskositeetiltaan huomattavasti paksumpia nesteitä, sillä sen mittausrajat ovat 100 – 13 300 000 cP [25]. Laboratorioon on vasta hankittu uusi viskometri, joten sen käyttöohjeet ovat hyvin ajan tasalla.

### 5.2.8 DIN-kuppi

DIN-kuppi on vakiotilavuuden omaava kuppi, jossa on neljä tai kuusi millimetrinen reikä pohjassa. Tämän kokeen avulla mitataan myös maalin viskositeettia ja valuvuutta. Koe suoritetaan tukkimalla kupin pohjassa oleva reikä ja täyttämällä kuppi reunaan asti maalilla. Tämän jälkeen maali vapautetaan valumaan ja otetaan aikaa siitä, kuinka kauan maali valuu kupista yhtenäisenä norona.

DIN-kupilla ei tulisi analysoida liian ohuita maaleja, toisin sanoen maaleja, jotka valuvat kupista alle 20 sekunnissa. Tällaisilla maaleilla valumiseen vaikuttaa enemmän kupissa jäljellä olevan maalin määrä, kuin varsinaisesti maalin viskositeetti. DIN-kuppi sopii parhaiten paksuhkojen newtonilaisten nesteiden analysointiin. Maalit ovat erittäin harvoin newtonilaisia nesteitä ja tämä johtaa helposti mittavirheisiin: esimerkiksi leikkausohentuvien maalien viskositeetti kasvaa valutettaessa kupista [24].

### 5.2.9 Ominaispaino

Maalin ominaispaino mitataan pyknometrillä eli kannellisella kupilla, jolla on määritetty vakiotilavuus. Yleisin käytetty kupin tilavuus on  $100 \text{ cm}^3$ . Kuppi asetetaan vaa'alle kannen kanssa ja vaaka nollataan. Tämän jälkeen kuppi kaadetaan täyteen maalia ja kansi asetetaan sen päälle. Kannessa on pieni reikä, mitä kautta ylimääräinen maali pääsee pursuamaan yli. Ylimääräinen maali pyyhitään pois ja vaa'an ilmoittama tulos otetaan ylös.

Ominaispaino voidaan mitata myös OMP-pallolla. Tässä menetelmässä maalia kaadetaan sopivan kokoiseen vaa'alla nollattuun näyttekuppiin. Näytettä pitää olla niin paljon, että sinne saa upotettua OMP-pallon, jolla on vakiotilavuus. Näytteen massa merkataan ylös ja tämän jälkeen näytteeseen upotetaan OMP-pallo statiivin avulla ja näytteen uusi massa merkataan ylös. Tämän jälkeen näytteen ominaispaino lasketaan jakamalla massojen ero pallon tilavuudella.

Maalin ominaispaino ilmoitetaan  $\text{g/cm}^3$  arvona ja sen avulla pystytään varmistamaan esimerkiksi, että kaikki raaka-aineet on varmasti sekoitettu panokseen. Ominaispainon mittauksen ohjeita piti karsia vähän.

#### 5.2.10 Kuiva-ainepitoisuus

Maalin kuiva-ainepitoisuus määritetään punnitsemalla 5 g maalia alumiinifoliosta valmistetulle astialle. Tämän jälkeen astia siirretään Precisa XM-10se kuiva-ainemittariin tai uuniin. Kuiva-ainemittari taaraa sisäisen vaakansa ja lämmittää näytettä 105 °C:n lämmössä määrätyn ajan verran. Tämän jälkeen laite ilmoittaa kuivatun maalin massan gramman tuhannesosan tarkkuudella. Jos koe tehdään ilman laitetta, pitää alumiinifolioastian massa merkata ylös sekä maalin massa ennen uuniin laittoa ja uuniin laiton jälkeen. Se on yksi CE-sertifikaattia varten tehtävä analyysi.

#### 5.2.11 Tuhkapitoisuus

Maalin tuhkapitoisuus on yksi CE-sertifikaattiin suoritettavista analyyseistä. Tämä koe tehdään vain vaatimusstandardin saaneille maaleille. Tässä kokeessa maalia punnitaan pieni määrä eksikkaattorissa ja uunissa temperoituun upokkaaseen, jonka paino on kirjoitettu muistiin. Maalin paino kirjataan myös muistiin, tämän jälkeen upokas laitetaan 600 °C asteiseen uuniin tunniksi. Kun upokas on ollut edellä mainitun ajan uunissa, se otetaan ulos, annetaan jäähtyä eksikkaattorissa ja punnitaan.

#### 5.2.12 Taittokokeet

Taittokokeita suoritetaan sävytettävälle maaleille. Niiden avulla varmistetaan, että maali käyttäytyy oletetulla tavalla pastojen ja pigmenttien kanssa. Yleisesti taittokokeessa sekoitetaan 0,5 - 2,0 g pastaa 150 - 200 g:aan maalia. Seos tehdään kannelliseen lasipurkkiin ja sekoituksen aikana on huomioitava, ettei pastaa jää maalin pinnalle ennen sekoittimeen asettamista. Jos pastaa jää pinnalle, se saattaa jäädä kiinni kanteen eikä sekoittua kunnolla maaliin. Seosta sekoitetaan kuusi minuuttia ja tämän jälkeen siitä tehdään ohjeen mukainen vedos. Valmiista vedoksesta mitataan sävy ja tämän avulla päätellään onko vedos onnistunut vai ei.

#### 5.2.13 Rub-out koe

Maaleille joille suoritetaan taittokoe, suoritetaan samalla myös niin sanottu rub-out koe. Kokeeseen käytetään taittokokeessa tehtyä vedosta. Kun vedos on ollut uunissa puolet määritetystä ajasta, se otetaan ulos, ja puolikuivuneen pinnan päälle levitetään sormella ympyräliikkeellä pieni kerros märkää taittokokeeseen tehtyä maalia. Tämän

jälkeen vedos laitetaan takaisin uuniin. Rub-out kokeella tarkastellaan pigmenttien uimista, kostumista ja flokkuloitumista maaleissa.

#### 5.2.14 Pastojen uimiskokeet

Sävytettäville maaleille tehdään myös toisinaan pastakokeita. Tämä koe muistuttaa erittäin paljon taittokoetta eli vakiomäärään maalia sekoitetaan pieni määrä pastaa. Seosta sekoitetaan kuusi minuuttia ja tämän jälkeen purkin annetaan seistä pöydällä ja seurataan alkaako maalin pinnalle nousta yksittäisiä pastapartikkeleita ja erottuuko pasta maalista pinnalla.

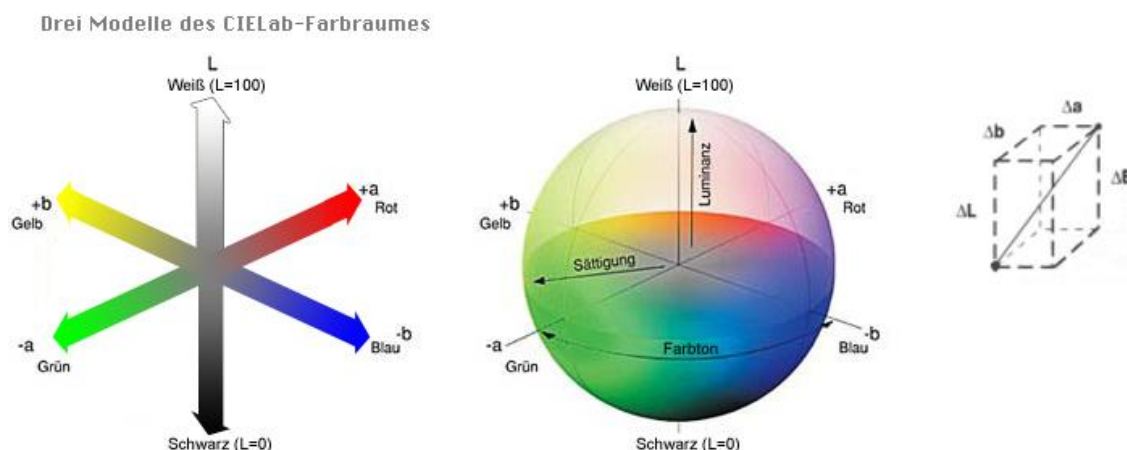
#### 5.2.15 Sävytesti

Maalin sävyn analysoimiseen käytetään Spectraflash SF300 spektrofotometriä. SF300 kohdistaa valosäteen analysoitavaan levyyn, mittaa levystä heijastuvan valon ja tietokone laskee ohjelman avulla mitä heijastuneen valon määrä tarkoittaa maalin sävyn kannalta. Laite toimii 360 - 700 nm aaltopituusalueella. [26; 27, s. 84-86]

Analyysiin käytetään yleensä CIELAB-värimallia. Tämä värimalli on kehitetty vuonna 1976 ja sen toiminta perustuu siihen, että mitattava aine ei voi olla väriltään yhtä aikaa vihreä ja punainen tai sininen ja keltainen, sillä ne ovat vastavärejä. Kuviossa 7 on havainnollistettu värikarttaa. Värimalli toimii seuraavalla tavalla:

- L-kirjain ilmaisee vaaleutta tai tummuutta (100 = valkoinen, 0 = musta)
- a+ punaisuutta
- a- vihreyttä
- b+ keltaisuutta
- b- sinisyyttä.





Kuvio 7. Mallikuva CIELAB-värikartasta.[28]

Kahden värin eroa ilmaistaan L-, a- ja b-arvojen erotuksella. Värikomponenteista voidaan laskea myös kokonaisväriero  $\Delta E$ : [27, s. 84-86; 29]

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

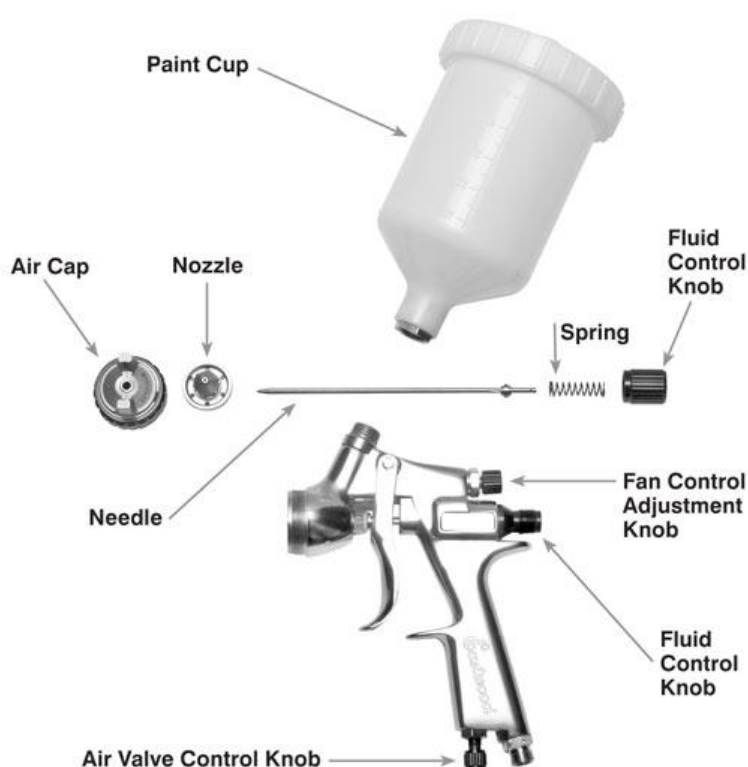
Maalien sävyä verrataan yleensä ennalta määrättyyn standardiin kuten NCS- tai RAL-värijärjestelmän malleihin. NCS järjestelmä eli Natural Color System on kuuteen perusväriin perustuva järjestelmä, jossa käytetään samankaltaista värikarttaa kuin CIELAB:kin, mutta värisävy ilmoitetaan värin nyanssin, kylläisyyden ja kartassa kahden vierekkäin olevan värin suhteen perusteella [30]. Tämä mahdollistaa sen, että kaikille mahdollisille sävyille löytyy koodi ja samanväristä maalia voi valmistaa missä tahansa valmistajasta riippumatta. RAL-värijärjestelmä on kehitetty vuonna 1927. Sitä käytetään pääosin lakkojen ja jauhemaalien värien listaamiseen [31]. Tämänkin värijärjestelmän värikartta on hyvin samankaltainen CIELAB:n kanssa. Värit ilmoitetaan neljän tai seitsemän numeron sarjalla, joista ensimmäinen numero ilmoittaa värisävyä ja loput kolme tai kuusi numeroa kertovat sävyn sijainnin CIELAB-kartalla [32].

#### 5.2.16 Yläkuppi- ja korkeapaineruiskutus

Maaleista, joilla on korkeammat laatuvaatimukset esimerkiksi ulkonäön suhteen, maalataan toisinaan puu-, lasi- tai metallilevy yläkuppi- tai korkeapaineruiskulla. Näistä levyistä mitataan kiilto ja kalvonpaksuus ja mahdollisesti myös sävy. Levyt ovat myös hyvä tapa tutkia käyttäytykö maali halutusti maalatulla alustalla. Ruiskutuksen avulla saadaan siis selville myös miten maali tasoittuu ja miten hyvin se on seulottu.

Ruiskutuksen tuloksien visuaalisen tarkastelun on oltava tarkkaa, jotta välttyttäisiin heikkolaatuisen tuotteen hyväksymiseltä.

Yläkuppiruiskussa maali syötetään pistooliin säiliöstä, joka on kiinnitetty ruiskun nimen mukaan pistoolin päälle. Maali valuu painovoiman avustamana ruiskuun, missä se sekoittuu ilmapirran kanssa. Maaliviuhkan muotoa, tuottoa ja tiheyttä voidaan säätää sivuilmaruuvien, neulan ja suuttimen avulla [33, s. 9-12].



Kuvio 8. Yläkuppiruiskun rakenne. [34]

Korkeapaineruisku käyttää nimensä mukaan korkeaa painetta maalin ruiskutukseen. Maalikannu asetetaan kompressorin imuyhteen alle ja putki lasketaan maaliin. Järjestelmä paineistetaan ja tämän jälkeen ruiskun liipaisinta painaessa korkeapaineinen ilmasuihku ja maali sekoittuvat letkussa ja tulevat ruiskun suuttimesta hienojakoisena sumuna [33, s. 11-12]. Ruiskussa on vaihdettava suodatin, jotta suutin ei menisi tukkoon. Suodatin sijaitsee ruiskun kahvassa. Kuten yläkuppiruiskussakin, korkeapaineruiskun maaliviuhkaa voidaan säätää neulan, sivuilmaruuvien ja suuttimen avulla [35]. Teknoksella käytetään Merkur 45:1 korkeapaineruiskua.

### 5.2.17 Kalvonpaksuus

Kalvon paksuutta mitataan joko kalvonpaksuusraudalla suoraan kosteasta maalista tai QNIX 4500 kalvonpaksuusmittarilla. Kalvonpaksuusraudassa on pieniä hampaita, jotka ovat asetettu eri korkeuksille samankaltaisesti, kuin valumakokeeseen käytettävässä aplikaattorissa. Kalvonpaksuusrauta asetetaan märän maalin päälle ja tarkastetaan mitkä hampaat kastuivat maalista.

QNIX 4500 kalvonpaksuusmittari mittaa kuivan kalvon paksuutta rauta tai alumiinilevyistä kahden eri anturin avulla. Anturit mittaavat pyörre- ja Hallin ilmiön avulla magneettisuuden muutosta ja määrittävät tämän avulla kalvonpaksuuden. Laitteella voidaan mitata 0 – 3000  $\mu\text{m}$  paksuisia kalvoja. Yleensä levyt pyritään maalaamaan 80 – 300  $\mu\text{m}$  kalvolla. [36]

### 5.2.18 Heiluri -kovuustesti

Maalipinnan kovuuden mittaamiseen käytetään toisinaan heiluritestiä. Maalattu lasilevy asetetaan heilurialustalle ja heiluri asetetaan tämän päälle. Tämä testi perustuu siihen, että heilurin liike hidastuu sitä nopeammin, mitä pehmeämpi pinta materiaalilla on. Heilurin liikettä mitataan valokennolla, ja kone tulkitsee heilurin ohitusten välisen ajan ja laskee tämän perusteella pinnan kovuuden. [37]



Kuvio 9. BYK heilurikovuusmittari König-heilurilla. [38]

Heilureita on kaksi erilaista: König-heiluri ja Persoz-heiluri. Kevyemmällä(200 g) König-heilurilla mittausajat ovat lyhempiä(n. 250 s) ja heilahdusaste on 6°/3°. Sillä on myös vastapaino, joka säättää heilahduksen taajuutta. Persoz-heilurissa ei ole vastapainoa, sen mittausajat ovat noin 430 s pitkiä. Sen heilahdusaste on 12°/4° ja massa 500 g. [37]

#### 5.2.19 Tikutustesti

Side- ja muiden nestemäisten raaka-aineiden laadunvalvontaan käytetään tällä hetkellä Easicult Combin bakteeriviljelyalustoja. Easicultin bakteerikokeet tehdään koeputkissa, joiden korkeissa on kiinni kasvualusta, jonka toinen puoli on päällystetty TTC Agar kasvualustalla ja toinen puoli Rose-Bengal Agar kasvualustalla. TTC Agar – pinnoitteella voidaan määrittää kokonaisbakteerimäärä PMY-arvolla, bakteerit kasvavat yleensä yhden tai kahden päivän sisällä näytteenotosta. TTC-pinnoituksessa kasvavat suurin osa aerobisista bakteereista. Rose-Bengal-pinnoitteella kasvavat homeet ja hiivat, näistä ei voi laskea bakteerimäärää, sillä pesäke voi saada alkunsa rihmaston osasta tai itiöistä. Rose-Bengal-pinnoitteella siis määritetään onko kontaminaation taso matala, kohtalainen vai voimakas. Homeet ja hiivat vaativat ainakin kolme päivää kasvaakseen. [39]

### 5.3 Laadunvalvonnan parannus

Laadunvalvonnan tason parantamiseen on käytettävissä monta erilaista menetelmää. Muutamina esimerkkeinä voi mainita osaamismatriisien ylläpidon, laitekohtaisten vastuuhenkilöiden nimeämisen, ulkoiset ja sisäiset koulutustilaisuudet ja informaation kulkemisen parantaminen. Edellä mainituista menetelmistä kaikki ovat olleet tai on otettu viimevuosien aikana käyttöön nestelaboratoriossa. Laadunvalvonnan parannusta on hyvä ajatella jatkuvana prosessina, eikä vain yksittäisinä asioina, joilla saadaan kerralla toivottu vaikutus. On tiedostettava, että ihmisillä pysyy päällimmäisinä mielessä kuitenkin ne asiat, joita tarvitsee jokapäiväisessä elämässä ja töissä. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi koulutustilaisuudessa saatu lisätieto saattaa unohtua nopeasti koulutuksen jälkeen, sillä sitä ei välttämättä varsinaisesti tarvita. On siis varmistettava, että tieto, jota jaetaan on myös löydettävissä myöhemmin. Tämä saavutetaan esimerkiksi jakamalla työntekijöille koulutustilaisuuksien sisällön pääkohdat koulutuksen jälkeen vielä sähköisessä tai paperimuodossa.

Laitekohtaisten vastuuhenkilöiden nimeäminen on lisännyt tietoutta analyysilaitteiden toimintatavoista ja käytöstä. Vastuuhenkilön on helppo tarjota työtoverille lisää tietoa laitteen käytöstä ja huollosta. Menetelmä on myös dynaaminen siinä mielessä, että tätä varten ei tarvitse järjestää erillisiä koulutustilaisuuksia, jotka syövät työaikaa, vaan lisäkoulutus tapahtuu kätevästi töiden ohessa ja samalla myös henkilökohtaisemmalla tasolla. Samalla saadaan levitettyä vastuuhenkilön mahdollista ”hiljaista tietoa” muille työntekijöille [40, s. 7-26]. Laitteiden vastuuhenkilöiden tehtävän on myös kalibroida laitteet tasaisin väliajoin, ellei tämä vaadi erityistoimenpiteitä. Kalibrointituloksista pidetään kirjaa ja seurataan, että ne pysyvät vaadituissa rajoissa.

Kalibrointitulokset kirjataan samaan paikkaan, minne kirjataan myös esimerkiksi sideaineille tehtävien kokeiden tulokset, nämä tiedot löytyvät tämän jälkeen tietokannasta ja ovat tarkastettavissa mistä tahansa koneelta, jolta ohjelma löytyy. Tällä tavalla henkilöt, joiden työhön kuuluu kyseisten tietojen seuranta, pysyvät ajan tasalla tilanteesta ja voivat tarvittaessa suorittaa jatkotoimia.

Osaamismatriisit on yksinkertainen tapa pitää kirjaa henkilöstön taidoista. Osaamismatriisissa listataan henkilökunnan nimet ja esimerkiksi laboratoriossa tehtävät analyysit excel-taulukoon. Tämän jälkeen merkataan kunkin henkilön kohdalle hänen osaamisensa taso tietyn analyysin suhteen. Taulukossa viisi on esimerkki osaamismatriisista.

Taulukko 5. Esimerkki osaamismatriisista: vihreä = osaa, keltainen = lisäkoulutusta ja punainen = ei osaa

	pH:n mittaus	KU-viskositeetti	Taittokoe	Bakteerikoe
Henkilö 1				
Henkilö 2				
Henkilö 3				
Henkilö 4				
Henkilö 5				

Ulkoisten ja sisäisten koulutustilaisuuksien järjestäminen on erittäin tärkeää. Näissä tilaisuuksissa työntekijällä on mahdollisuus saada vastauksia vaikeisiin kysymyksiin alan asiantuntijalta. Jos henkilö ymmärtää miksi hänen täytyy tehdä asiat tietyllä tavalla, se lisää työn merkityksellisyyttä ja motivaatiota [40, s. 7-26].

Yhteiset palaverit ennen työvuoron alkua tarjoavat työntekijöille ja osastonjohtajalle tilaisuuden tuoda tärkeitä ajankohtaisia asioita esille ja levittää tietoutta. Kaksivuorotyön luonteen vuoksi palaverit on hyvä pitää vuoronvaihteessa, sillä tällöin tavoittaa koko henkilökunnan kerralla sairais- tai poissaolotapauksia lukuun ottamatta. Vuorojen väliset palaverit tarjoavat myös työnjohtajalle tilaisuuden päästä ajan tasalle laboratoriossa tapahtuvista asioista.

Ihmisille kehittyä helposti tottumuksia tehdä asiat tietyllä tavalla, ongelmia syntyy helposti silloin kun nämä tottumukset poikkeavat toivotusta työtavasta. Työntekijällä on myös vastuu tehdä työt sovitulla tavalla, mutta ihmiset eivät kuitenkaan ole koneita. Siksi on tärkeää pyrkiä luomaan työtavat sellaisiksi, että tottumusten muodostuminen ei välttämättä vaikuttaisi siihen, miten itse koe tai analyysi suoritetaan. Tietenkään näin ei ole aina mahdollista tehdä ja tällöin on hyvä varmistaa, että työn laatu ja taso pysyy samalla tasolla. Tähän voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, joista yksi on MSA.

#### 5.4 MSA (Measure System Analysis)

MSA on työkalu, jolla pystytään tunnistamaan laadunvalvonnassa tapahtuvien analyysitulosten vaihtelun lähteet ja syyt niille. Sen käyttö on alunperin tarkoitettu autoteollisuuden tehokkuuden parantamiseen, mutta sen periaatteet toimivat yhtä hyvin missä tahansa valmistusprosessissa. MSA testit on otettu käyttöön 6 $\sigma$ - ja Lean-ajattelutavan yhteydessä. Tilastotietoihin perustuva prosessien ja laadunvalvonnan ohjaus(SPC) on edukasta yhtiölle, sillä tällä tavalla pystytään korottamaan hyvän tuotannon määrää ja pienentämään esimerkiksi panosvirheitä ja laadunvalvonnan virheitä. Ajattelutapojen yhteinen tekijä on ongelmien lähteiden tunnistaminen ja niiden korjaus. On huomattu, että yleensä tekijät, jotka aiheuttavat ongelmia tuotannossa, eivät ole yksittäisiä asioita, vaan pienten asioiden kumulatiivisia vaikutuksia. MSA:lla ja 6 $\sigma$ :lla pystytään erottelemaan nämä yksittäiset mahdolliset ongelman lähteet. Kun yksittäiset ongelmien lähteet tiedetään, pystytään niihin vaikuttamaan suoraan ja täten pienentämään niistä aiheutuvaa kumulatiivista vaikutusta. [41, 42]

MSA-mittauksen muuttujia saattaa olla useita:

- mittausinstrumentti, kalibrointi
- analyysin suorittava henkilö, koulutus, taidot ja huolellisuus
- näytteet, suunnitellut analyysit ja näytteen valmistelu
- ympäristö, lämpötila ja kosteus.

Näistä muuttujista voidaan tehdä ”kalanruoto” –diagrammi ja sen avulla lähteä purkamaan mahdollisia virheitä aiheuttavia kohtia. MSA-kokeessa tehdään yleensä muutamalla työntekijällä toistokokeita eri materiaaleista tai kappaleista. Kun koetulokset on kerätty, lasketaan näiden avulla ANOVA-mittari toistettavuudelle. ANOVA:ssa lasketaan periaatteessa varianssi ja keskihajonta jokaiselle yksittäiselle muuttujalle, mutta ANOVA antaa mahdollisuuden tutkia näitä muutoksia yhtä aikaa. Hyvä koesarja sisältää kymmenen eri mittausta kahdella henkilöllä kahteen eri aikaan. Kokeen avulla voidaan erottaa tulosvaihtelevuudet, jotka johtuvat esimerkiksi laitteesta, tekijästä, ja analysoitavasta osasta. Toistettavassa prosessissa tai työssä saatavat tulokset jakaantuvat yleensä normaalijakauman mukaan. MSA:n, Leanin ja 6 $\sigma$ :n avulla pyritään kaventamaan normaalijakaumaa niin, että poikkeavia tuloksia olisi mahdollisimman vähän. [43, 44]

## 6 Kokeellinen osuus

Insinööriyön kokeellisessa osuudessa otettiin käyttöön uusi bakteerikoesarja sideaineiden laadunvalvontaa varten. Sarjan käyttöönoton toivotaan toimivan esimerkkinä siitä, millä tavalla uusi koesarja otetaan käyttöön, koulutetaan henkilökunnalle ja varmistetaan sen toimivuus tulevaisuuden kannalta.

### 6.1 Aqua-Tools QGO-M-XLPD

Teknos otti käyttöönsä raaka-aineiden laadunvalvontaan uuden Aqua-Toolsin QGO-M-XLPD analyysisarjan. Tällä testipakkauksella voidaan analysoida erilaisten sideaineiden adenosinitrifosfaatti(ATP)-konsentraatioita. ATP-konsentraatio on suoraan

verrannollinen näytteessä olevien bakteerien määrään, sillä se on yhdiste, mitä esimerkiksi solujen mitokondriot muodostavat soluhengityksen aikana.



Kuvio 10. Kuva Aqua-Toolsin koesarjan sisällöstä. [45]

Testipakkaus otettiin käyttöön, koska tällä hetkellä raaka-aine näytteistä tehdään bakteeriviljelmät ja näiden tulokset saadaan vasta kolmen päivän jälkeen. Aqua-Toolsin testipakkaus myös havaitsee bakteereja laajemmalla alueella, kuin viljelymenetelmä. Sen avulla voidaan havaita näytteestä home-, levä- ja hiivabakteerit [46].

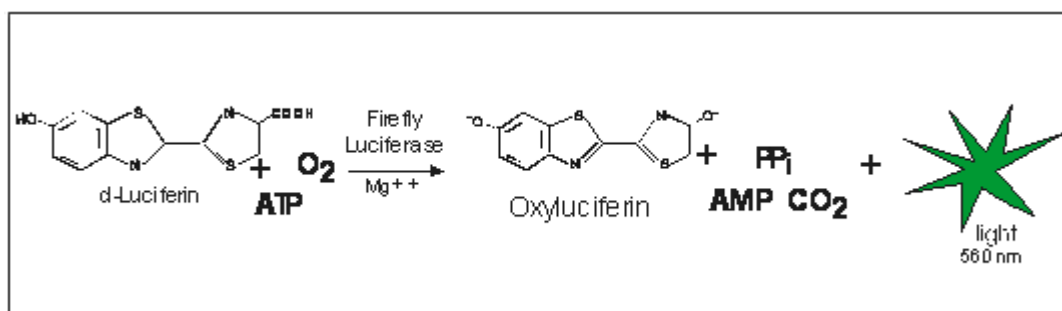
Aqua-Toolsin sarjalla näytteestä saadaan tulos noin viidessätoista minuutissa. Tällä tavalla raaka-aineista voidaan ottaa näytteet kun ne ovat vielä säiliöautossa ja välttää tapauksia, joissa saastunut raaka-aine pumpataan säiliöihin ja saadaan vasta myöhemmin selville, että se on käyttökelvotonta.

Analyysisarjalla valvotaan tällä hetkellä sideaineiden laatua, sillä näitä toimitetaan suurissa erissä ja tähän mennessä ne ovat olleet yleisin syy kontaminaatiolle seulojen ja putkien pohjalle jääneiden jäänteiden lisäksi.



### 6.1.1 Toimintaperiaate

Testipakkauksen toiminta perustuu lusiferaasi-entsyymin toimintaan. Lusiferaasientsyymi reagoi näytteestä saadun ATP:n kanssa ja emittoi valoa, valon voimakkuuden mittaamiseen käytetään Aqua-Toolsin Photonmaster –luminometriä eli valomittaria. Luminometri mittaa valon määrää (Relative Light Unit) ja laitteen yhteydessä käytetty ohjelma muuttaa RLU –arvot ATP –konsentraatioiksi (pg / ml). Reaktiossa syntyvän valon määrä on suoraan verrannollinen näytteessä olevaan ATP:n määrään [47].



Kuvio 11. Esimerkkireaktio lusiferaasientsyymin reagoimisesta ja valon muodostamisesta. [48]

Näytteen analysointi aloitetaan puristamalla näytettä sellaisenaan tai laimennettuna erittäin hienon suodattimen läpi. Suodatinkankaaseen tarttuu partikkeleita näytteestä. Tämän jälkeen suodattimen läpi puristetaan laimeaa asetoniseosta, joka toimii puhdistusaineena ja poistaa ylimääräisen näytteen suodattimesta. Puhdistusaineen jälkeen suodatin kuivataan puristamalla sen läpi ilmaa. Tämän jälkeen suodattimen läpi puristetaan pieni määrä bentsalkoniumkloridista ja natriumhydroksidista valmistettua Ultralyse 7 –liuosta, joka vapauttaa ATP:n suodattimesta. Suodattimen läpi puristettu liuos laimennetaan vielä yhdeksään milliin puhdasta vettä. Tästä pipetoidaan 100  $\mu$ l koeputkeen ja samaan koeputkeen pipetoidaan myös 100  $\mu$ l lusiferaasientsyymiä.

Kun entsyymi on lisätty näytteeseen, kokeen suorittajalla on noin 40 sekuntia aikaa laittaa koeputki valomittariin ja analysoida sen sisältö. Kokeen suorittamiseen jää vähän aikaa, koska välittömästi, kun entsyymi on lisätty, alkaa se reagoida näytteen kanssa ja muodostaa valoa. Jos näytteen analysoinnissa kestää liian pitkään, entsyymi ehtii reagoida loppuun ja ei enää emittoi valoa. Tällöin valomittari tulkitsee, että näytteessä ei ole bakteereja. Tulokset kirjataan excel-tiedostoon, johon kirjataan myös

bakteeriviljelymenetelmällä saadut tulokset. Näin saadaan vertailtua bakteerikoesarjan ja viljelymenetelmän välisiä tuloksia helposti.

### 6.1.2 Käyttöönotto

Analyysisarjan käyttöönottoa suunniteltaessa on päätetty, että perinteisten bakteeriviljelmien tekemistä jatketaan ainakin ensimmäisen kahdensadan bakteerikokeen ajan, jotta voidaan vertailla, kuinka luotettava Aqua-Toolsin menetelmä on. Alkuun on heti selvää, että menetelmä on huomattavasti tarkempi kuin bakteeriviljelmiä. Bakteeriviljelmissä kokeen tekijän on laskettava mahdollisesti syntyvien pesäkkeiden määrä ja tähän on tarjolla myös tulkintaohjeet, mutta koska tulokset perustuvat visuaaliseen arviointiin, saattaa tuloksissa olla joskus vaihtelua. Bakteerikoesarjan kokeessa tietokoneohjelma laskee emittoidun valon määrän ja tätä kautta ATP-tuloksen. On sovittu, että jos analysoitavasta sideaineesta saadaan oletettua korkeampi ATP-arvo, koe toistetaan ainakin kerran ennen kuin aletaan ottaa yhteyttä vastuuhenkilöihin. Näin varmistetaan, että mahdollinen korkea ATP-arvo ei johdu mittavirheestä tai muusta inhimillisestä virheestä kokeen suorituksen aikana.

Sarjan käyttöönotto aloitettiin suomentamalla englanninkielinen käyttöohje (liite 1) ja suorittamalla kokeita sideaineista, joiden bakteeriviljelmäkokeet oli jo suoritettu. Ensimmäiset kokeet onnistuivat hyvin ja tulokset vastasivat hyvin viljelynäytteistä saatuja tuloksia. Käyttöönoton aikana on mietitty miten koulutus ja mahdollinen lisäkoulutus tulisi suorittaa, jotta varmistettaisiin tiedon ja taidon säilyvyys. Tämän koesarjan kanssa on erittäin tärkeää, että osat tehdään systemaattisesti, sillä ne sisältävät pieniä määriä lisättäviä aineita ja laimennuskertoimet ovat korkeat. Tämän takia normaalien käyttöohjeiden lisäksi tuuletuskaapin seinälle on kiinnitetty lisäksi vain kuvat ja työvälineet sisältävät ohjeet. Ohjeissa painotetaan myös työskentelytarkkuuden ylläpitämistä esimerkiksi käsineiden ja esineiden käsittelyn suhteen. On huomioitava, että työohjeet eivät ole koskaan täysin valmiita, vaan ovat kehityksen kohteena samalla tavalla kuin koko laadunvalvontaprosessi. Tämän takia työohjeisiin on merkattu muokkaajan nimi ja muokauspäivämäärä ylätunnisteeseen. Kuten muillekin laboratoriossa oleville laitteille, tällekin koesarjalle on nimetty vastuuhenkilö. Vastuuhenkilö valittiin sen perusteella, kuka sisäisti testissä käytettävät tekniikat ja metodit nopeasti. Vastuuhenkilöllä varmistetaan, että tietämys koesarjasta säilyy tietyllä tasolla sen jälkeenkin, kun itse insinööritö on suoritettu loppuun.

## 6.2 Koulutus

Analyysisarjan käytön kouluttaminen henkilökunnalle on ollut suhteellisen helppoa. Koulutuksen ohella tehtyjen pienimuotoisten suullisten haastattelujen perusteella on saatu selville puutteita ohjeistuksessa, lisäkysymyksiä ja tarkennuksia. Suurin osa on sanonut, että aluksi koe tuntuu monimutkaiselta, sillä se sisältää enemmän esivalmistelua, kuin muut kokeet, mitä laboratoriossa suoritetaan. Muutaman toiston jälkeen on kuitenkin selvää, että mitä useamman kerran koulutettavat suorittavat kokeen, sitä varmemmaksi toiminta muuttuu.

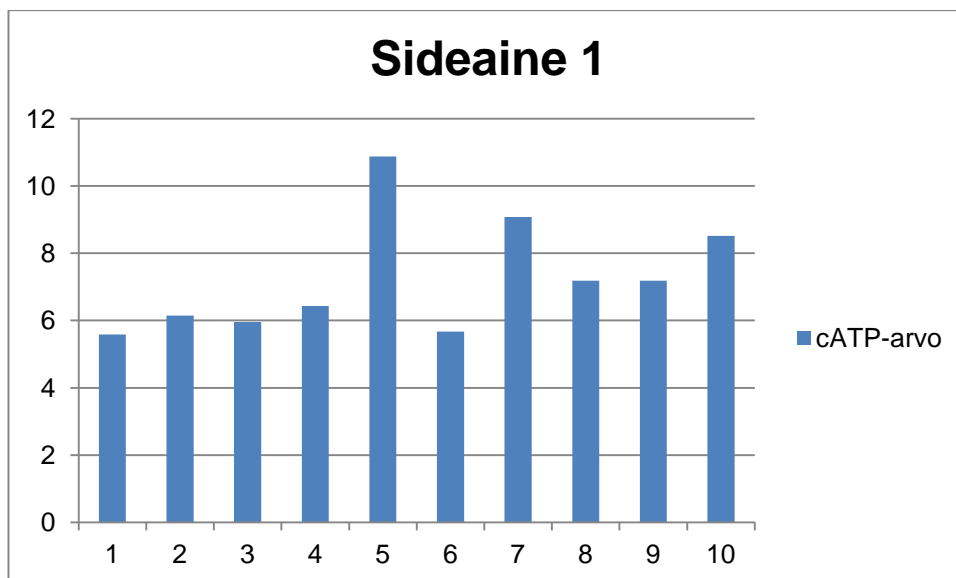
Koulutus on aloitettu jakamalla jokaiselle koulutettavalle työohjeet, jotta niihin voi tutustua vähän ennakoon. Ohjeiden jaon jälkeen on suoritettu mallikoe koulutettavan seurattessa vieressä. Tämän jälkeen koulutettava on saanut itse suorittaa yhden kokeen, niin, että kouluttaja ohjeistaa tarpeen mukaan. Viimeisenä on pyritty suorittamaan vielä yksi koe, niin, että kouluttaja vain seuraa vierestä ja korjaa vain jos sille ilmenee tarve.

Tällä hetkellä henkilökunnan koulutus on vielä kesken, sillä osa työntekijöistä tekee myös jauhemaalipuolen laadunvalvontalaboratoriossa töitä ja käyvät harvemmin nestepuolen laadunvalvontalaboratoriossa. Myös jo koulutuksen saaneen henkilökunnan koulutusta tulee jatkaa vielä jonkin aikaa. Koe on luonteeltaan sellainen, että toistojen määrä auttaa parhaiten oppimaan.

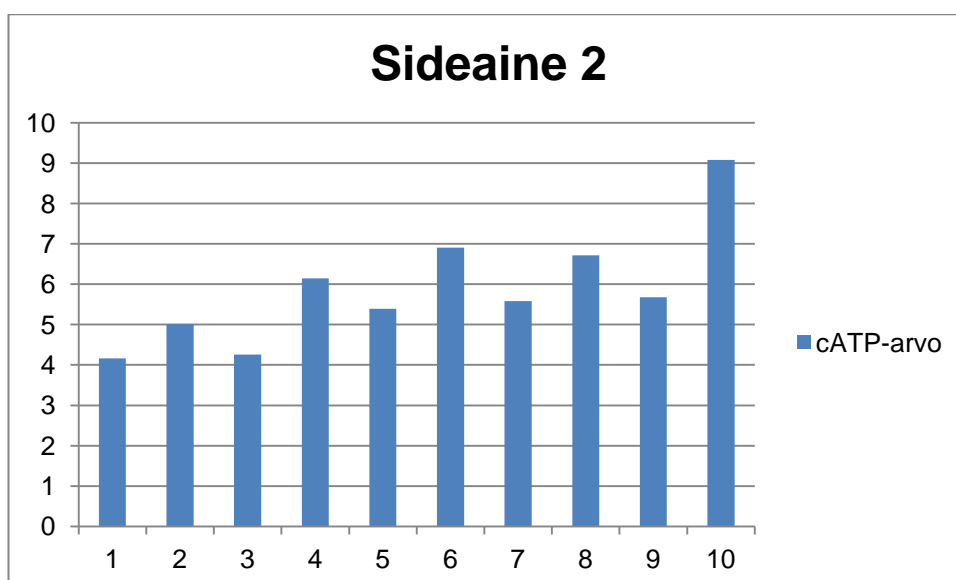
## 6.3 Koetulokset

Koesarjalla on suoritettu tähän mennessä noin 120 koetta, joista noin puolet on esiteltynä liitteessä 2. Kaikkia tuloksia ei ole kirjattu viljelypäiväkirjaan, sillä ne ovat olleet koulutuksen ohessa tehtyjä kokeita samasta raaka-aineesta. Kokeiden tulokset ovat olleet hyvin yhtenäisiä ja kevään aikana ei ole vastaanotettu yhtäkään sideainekuormaa, jossa olisi ollut havaittavissa merkittävää bakteerista kasvua. 120:neen kokeeseen mahtuu tietysti huonompia tuloksiakin, mutta nämä ovat aiheutuneet virheistä näytteen valmistelun aikana tai kontaminoituneen veden käytöstä.

Kahdesta sideaineesta tehtiin kymmenen kokeen sarjat tulosten vaihtelun määrittämiseksi(kuvio 12 ja 13).



Kuvio 12. Sideaine 1:n cATP-tulokset



Kuvio 13. Sideaine 2:n cATP-tulokset

Tuloksista on havaittavissa, että sideaine 1:llä koe numero viidessä on mennyt jokin asia hieman pieleen ja tämä on aiheuttanut hieman poikkeavan tuloksen. Tämä virhe voi olla esimerkiksi virhe pipetoinnissa tai näytteen käsittelyssä. Saman johtopäätöksen voi tehdä sideaine 2:n koe numero kymmenestä. On myös huomattava, että sillä molemmat sideaineet ovat olleet erittäin puhtaita, pienimmätkin muutokset analyysissä muuttavat tulosta paljon.

Sideaineiden toistokokeille on laskettu keskiarvo kaavalla:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Sideaine 1:n toistokokeiden keskiarvo on 7,264 ja sideaine 2:n 5,893.

Keskihajonnan ja varianssin laskemiseksi yksittäisistä koetuloksista piti vähentää kokeiden keskiarvo ja korottaa tästä laskusta saatu arvo toiseen potenssiin. Kuviossa 14 on esitetty lasketut tulokset molemmille sideaineille.

Sideaine 1	cATP-arvo	$x - x_{ka}$	$(x - x_{ka})^2$		Sideaine 2	cATP-arvo	$x - x_{ka}$	$(x - x_{ka})^2$
1	5,5805	-1,68358	2,834441616		1	4,1617	-1,73092	2,996084046
2	6,148	-1,11608	1,245634566		2	5,013	-0,87962	0,773731344
3	5,9588	-1,30528	1,703755878		3	4,2563	-1,63632	2,677543142
4	6,4317	-0,83238	0,692856464		4	6,148	0,25538	0,065218944
5	10,8772	3,61312	13,05463613		5	5,3913	-0,50132	0,251321742
6	5,6751	-1,58898	2,52485744		6	6,9047	1,01208	1,024305926
7	9,0801	1,81602	3,29792864		7	5,5805	-0,31212	0,097418894
8	7,1884	-0,07568	0,005727462		8	6,7155	0,82288	0,677131494
9	7,1884	-0,07568	0,005727462		9	5,6751	-0,21752	0,04731495
10	8,5126	1,24852	1,55880219		10	9,0801	3,18748	10,16002875

Kuvio 14. Sideaineiden koetuloksista laskettuja arvoja

Otosvariassi on laskettu kaavalla:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Sideaine 1:n ja 2:n otosvarianteiksi saatiin 2,992 ja 2,086.

Keskihajonta laskettiin kaavalla:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Sideaine 1:n ja 2:n keskihajonnoiksi saatiin 1,729 ja 1,444.

Tuloksista ei voi laskea kunnollisia tilastollisia testejä, sillä uudella tavalla saatuja tuloksia on vaikea verrata bakteeriviljelymenetelmällä saatuihin tuloksiin. Toisena syynä on, että kevään aikana ei ole vastaanotettu yhtäkään sideaine-erä, jossa olisi esiintynyt pesäkkeitä kolmen päivän kasvatuksen jälkeen.

## **7 Yhteenveto ja päätelmät**

Insinööriyön tavoitteena oli päivittää nestemaalien laadunvalvontalaboratorion työohjeet ja kouluttaa henkilökunnalle uuden bakteerikoesarjan käyttö. Tavoitteisiin päästiin osittain. Tällä hetkellä bakteerikoesarjan käyttämisen koulutus henkilökunnalle on vielä kesken. Tämä johtuu osittain siitä, että osa työntekijöistä tekee myös jauhemaalipuolen laadunvalvontalaboratoriossa töitä. Työ on vuorotyötä, joten aikataulusyistä heitä oli mahdotonta kouluttaa tämän insinööriyön toteutuksen aikana. Heidän koulutus jää työn jälkeiseen aikaan. Lisäksi muille on annettava täydennyskoulutusta, jotta kokeen käytöstä saadaan rutiininomaisempaa. Työntekijöitä saatiin koulutettua seitsemän, joista viisi osaa suorittaa bakteerikokeen hyvin. Työohjeiden päivitys on vielä kesken. Keskeneräisyys johtuu siitä, että päivitettäviä työohjeita oli enemmän, mitä oli aluksi arvioitu. Kun yhtiön tietokannan ohjeet saadaan päivitettyä ajan tasalle, on uuden henkilökunnan koulutus helpompaa. Samalla saadaan myös helpotettua nykyisten työntekijöiden työtä.

### **7.1 Bakteerikoesarja**

Bakteerikoesarja on hyvä työkalu sideaineiden laadunvalvontaan, mutta muutamia parannuskohtia on vielä havaittavissa. Koe on erittäin herkkä kaikille epäpuhtauksille, esimerkiksi yksi koesarja meni pieleen vain sen takia, että kokeissa käytettiin liian vanhaa vettä. Kuvio 15:ssä on esitettyä pieleen menneen koesarjan tulokset(arvon pitäisi olla alle 100). Näistä näkee kuinka ATP-konsentraatio on lähtenyt kokeiden aikana nousemaan. Tämä ongelma on ratkaisuvaiheessa vielä. Laboratorio on tilattu oma vedenpuhdistuslaite tätä varten.



Kuvio 15. Kontaminoituneen veden kanssa tehdyt sideainekokeet

Jos sideaineen partikkelikoko on liian suuri, se aiheuttaa ongelmia suodattimien kanssa. Erään sideaineen partikkelikoko on niin suuri, että sen joutuu laimentamaan laimennuskertoimella 20 eli 500 µl näytettä ja 9,5 ml vettä ennen kuin se menee suodattimesta läpi. Jos muita sideaineita joudutaan laimentamaan vielä enemmän, se asettaa mittaustarkkuuden vaaraan. Näytettä laimennetaan jo normaalistikin erittäin paljon.

Henkilökunnan pätevyys bakteerikoesarjan kanssa kasvaa sitä mukaan, mitä enemmän he pääsevät tekemään kokeita. Tikutusmenetelmällä tehtyjä bakteeriviljelyjä jatketaan todennäköisesti vielä senkin jälkeen, kun bakteerikoesarjalle on kehittynyt hyvä käyttörotiini. Tämä johtuu siitä, että uudella bakteerikoesarjalla ei pysty analysoimaan maaleja niiden partikkelikoon takia. Tikutustesti on hitaampi, mutta silläkin saa luotettavia tuloksia.

## 7.2 Koulutus

Koesarjan yhteydessä käytettävän tietokoneohjelman kanssa oli koulutuksessa haasteena, kuinka kattava käyttöohje ohjelmalle pitää tehdä. Ohjelmassa on monia hyödyllisiä ominaisuuksia kuten graafien muodostus ja erilaisten laskujen suoritus suoraan näytetuloksista. Laadunvalvontatyöhön kuitenkin riittää, että osaa luoda ohjelmaan uuden tiedoston ja kohdan analysoitavalle näytteelle. Kompromissina

ohjelmalle tehtiin suomenkieliset käyttöohjeet näytteen analysoinnin suhteen. Ohjelmasta itsestään löytyy kattava apuosio, mutta sen käyttökielenä on ainoastaan englanti.

Yksi suurimmista haasteista on testin käyttöpätevyyden säilyttäminen jokaisella työntekijällä. Sideaine-eriä ei kuitenkaan toimiteta joka päivä, mikä tarkoittaa, että bakteerikoesarjaa käytetään korkeintaan muutaman kerran viikossa. Tämä on merkittävä ero verrattuna muihin laboratoriossa tehtäviin kokeisiin, joita toistetaan mahdollisesti useita kertoja päivässä. Muutaman kuukauden kuluessa on vaikea kouluttaa koko laboratorion henkilökuntaa niin kattavasti, että bakteerikokeen suorittaminen sujusi kaikilta erinomaisesti. Koulutettaessa henkilöt muistavat vaiheet ja mitä tehdä, mutta tähän vaikuttaa osin kouluttajan läsnäolo. Suurin osa työntekijöistä tuntee itsensä vielä epävarmaksi kokeen kanssa. He helposti jättävät kokeen suorituksen niille henkilöille, jotka osaavat sen jo paremmin, mikä kasvattaa taitokuilua henkilökunnan sisällä.

### 7.3 Laboratorion ja tuotannon yhteistyö

Varaston ja laboratorion välistä viestiketjua pitää vielä vahvistaa. Tarkoitus on, että kun sideaine-erä tulee tehtaalte, otetaan näyte suoraan säiliöautosta ennen omiin säiliöihin pumppausta ja vasta kun koetulos on saatu, pumpataan sideaineet omiin säiliöihin. Kevään aikana tämä ei ole vielä onnistunut erinäisistä asioista johtuen. Näihin kuuluvat esimerkiksi varastotyöntekijän tiedon puute ja laboratorion informoimatta jättäminen.

Tätä voisi ehkäistä paremmalla informoinnilla ja mahdollisesti palkkaamalla yhden henkilön jonka tehtävä on vain sideaineiden laadunvalvonta. Teknoksella aiotaan ottaa säännölliset säiliökokeet käyttöön sideainelaadun seurannassa. Kiireisinä kuukausina säiliöt täytetään uudelleen viikon tai kahden välein, eli vaihtuvuus on korkea, mutta säännöllisellä seurauksella voitaisiin helposti havaita esimerkiksi jos jostain syystä säiliössä alkaa yllättäen tapahtua bakteerista kasvua. Näin päästäisiin nopeammin ongelman lähteeseen kiinni ja välttyttäisiin hukkaeriltä.

Tästä aiheesta on pidetty palaveri, jossa keskusteltiin käytännöistä, mitkä helpottaisivat osastojen välistä yhteistyötä. Raaka-ainekontrolli on tärkeä osa valmistusprosessia, sillä sen avulla voidaan vähentää virheellisten erien määrää ennen valmistusta.



Palaverissa sovittiin, että saapuvat raaka-aineet asetetaan käyttökieltoon, kunnes laboratorio on tehnyt analyysinsä. Tämän jälkeen laboratorio vapauttaa raaka-aineet käyttöä varten. Palaverissa sovittiin, että käytäntö yhtenäistetään koko raaka-aineiden laadunvalvonnan osalta. Tämä helpottaa osastojen yhteistyötä, koska heidän ei tarvitse miettiä, mitkä raaka-aineet asetetaan käyttökieltoon ja mistä pitää toimittaa näyte.

## 8 Pohdinta

Laboratorion työohjeiden päivitys on vain pieni osa suurempaa kokonaisuutta. Tämä kokonaisuus muodostuu laboratorion nykyisen henkilökunnan niin sanotusta uudelleen koulutuksesta. Laadunvalvonnan esimiehellä on suuri työ, sillä on hänen tehtävänsä päästä eroon pitkäaikaisten työntekijöiden muodostamista tottumuksista, mitkä eivät välttämättä ole haluttuja laadunvalvontalaboratoriossa. Yleisin vastalause, mitä hän tulee kohtaamaan on todennäköisesti ”näin on tehty ennenkin”. Uuden henkilökunnan koulutus nykyisiin käytäntöihin on helppoa, koska heillä ei ole ennalta tietoa käytännöistä. Pitkäaikaiset työntekijät ovat ehtineet muodostaa tottumuksia työn tekemisen suhteen ja näiden muuttaminen on erittäin haastavaa. Esimiehen pitää pystyä kannustamaan työntekijöitä oikealla tavalla ja osata selittää heille, miksi jokin käytäntö otetaan käyttöön.

Laboratoriossa suoritettut MSA-kokeet ovat olleet yhtenä työkaluna tähän työhön. Niiden avulla saadaan esitettyä konkreettisia todisteita työntekijöiden mahdollisista puutteista ja vahvuuksista ilman, että yhtäkään yksittäistä henkilöä asetetaan silmätikuksi. Tietysti myös MSA:n kautta saadut tulokset pitää esittää sopivalla tavalla. Toimenpiteiden yhtenäistäminen on helppo tapa muodostaa uusia käytäntöjä. Esimerkiksi raaka-aineiden laadunvalvonnassa tämä on hyvä tapa, sillä se jättää vähän varaa soveltamiselle.

Ratkaisuna bakteerikoesarjan käyttöpätevyyden ylläpitämiseen voisi harkita esimerkiksi viikoittain vaihtuvaa listaa, jossa vuorossa työskentelevistä henkilöistä yksi on vastuussa kaikista bakteerikokeista. Tällä tavalla joka viikko bakteerikokeet tekisi eri henkilö ja taito jakaantuisi todennäköisesti tasaisemmin. Menetelmä saattaisi tietysti myös aiheuttaa sekaannusta esimerkiksi sairastapausten tai lomien aikana.

Jotta työohjeet pysyisivät ajan tasalla myös tulevaisuudessa, voisivat laitekohtaiset vastuuhenkilöt suorittaa työohjeiden päivityksen itse. Tämän jälkeen työohje tietysti pitäisi lähettää normaaliin tarkastuskiertoon, mutta samalla työohjeiden sisältöä tarkastettaisiin useammin, kuin tällä hetkellä. Liitteiden käyttö työohjeistuksessa helpottaa niiden päivitystä, sillä itse ohjeet ovat avoimesti muokattavassa tiedostossa, joka on liitetty työohjepohjaan. Samalla on ruvettu myös käyttämään videoliitteitä hyödyksi. Monilta laitevalmistajilta löytyy demonstraatiovideoita youtube-palvelusta. Tämä on nopea ja helppo tapa havainnollistaa tehtävä koe.

Laadunvalvonnan parantaminen on jatkuva prosessi, jolle keksitään uusia ja entistä parempia menetelmiä jatkuvasti. Suurin haaste tulee aina olemaan vanhoista käytännöistä ja tottumuksista eroon pääseminen ja uusien hyväksyminen sekä soveltaminen.

## Lähteet

- 1 Kuvio 1. Andreas Lemström. Teknoksen sisäinen materiaali. Luettu 14.04.2015.
- 2 Teknos Oy:n kotisivut (WWW-dokumentti) < Teknos.fi >. Luettu 24.03.2015.
- 3 Nyholm Timo, Ketonen Annamari. Värikästä elämää. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy. 2009.
- 4 Korppi-Tommola Aura. Teknos Oy: Pintaa Syvemmältä 1948-1998. Art Print. 1998.
- 5 Rakennustiedon kotisivut (WWW-dokumentti)  
<<https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/rakennusmateriaalienpaastoluokitus/m1-vaatimuksetjaluokiteltujentuotteidenkaytto.html>>. Luettu 13.03.2015.
- 6 Holger Alén ja Opetushallitus. Maalit ja niiden käyttö. 2. uudistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy. 1999.
- 7 Tracton Arthur A. Coating materials and surface coatings. CRC Press. Taylor & Francis Group. 2007.
- 8 Pigments through the ages (WWW-dokumentti)<<http://www.webexhibits.org/pigments/intro/pigments.html>> . Luettu 20.04.2015.
- 9 Coloria (WWW-dokumentti) <<http://www.coloria.net/fysiikka/kemiat.htm>> . Luettu 12.03.2015.
- 10 Pajari Riitta. Maalikemiaa luentomateriaali. Syksy 2014. Luettu 23.03.2015
- 11 Liimatainen Antti. Dispergointiaineet märkäjauhatuksessa (WWW-dokumentti)  
<<https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/38666>>. Luettu 20.03.2015.
- 12 Pajari Riitta, Laitinen Timo. Maalien pintakemiallisia ilmiöitä luentomateriaali. Syksy 2014. Luettu 23.03.2015.
- 13 TEGO –vaahdonpoistajat (WWW-dokumentti)  
<<http://www.tego.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/Tego/en/Technical-Background/defoamers-tego-foamex.pdf>>. Luettu 23.03.2015.
- 14 Kuvio 2. Nestemaalien valmistusprosessikaavio. Teknos 2014 powerpoint esittely. Luettu 09.02.2015

- 15 Kortelainen Sanna. Märkäjauhatus planeettamylyllä (WWW-dokumentti) <<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/66735/nbnfi-fe201101071020.pdf?sequence=3>>. Luettu 09.03.2015.
- 16 Kuvio 4. BYK grindometri ja aplikaattori (WWW-dokumentti) <<http://www.directindustry.com/prod/byk-gardner/grindometer-18571-1349561.html>>. Luettu 14.04.2015.
- 17 Kuvio 5. BYK kiiltomittarin toimintaperiaate (WWW-dokumentti) <<http://www.coleparmer.com/TechLibraryArticle/573>>. Luettu 11.03.2015.
- 18 Teknos MaalausRYL (WWW-dokumentti) <<http://www.teknosmaalausryl.fi/index.php?page=7>>. Luettu 11.03.2015.
- 19 Lasielektrodi. Wikipedia (WWW-dokumentti) <[http://en.wikipedia.org/wiki/Glass\\_electrode](http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_electrode)>. Luettu 09.03.2015.
- 20 Mettler Toledo SevenEasy käyttöohjeet (WWW-dokumentti) <[http://www.nist.gov/ncnr/upload/Mettler\\_SevenEasy\\_S20.pdf](http://www.nist.gov/ncnr/upload/Mettler_SevenEasy_S20.pdf)>. Luettu 09.03.2015.
- 21 Brookfield CAP1000+ käyttöohjeet (WWW-dokumentti) <<http://www.viscometers.org/PDF/Manuals/laboratory/CAP1000+.pdf>>. Luettu 16.04.2015.
- 22 Kuvio 6. Cone & Plate viskometrin kärki (WWW-dokumentti) <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-14392009000400017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392009000400017)> luettu 120315>. Luettu 12.03.2015
- 23 Brookfield KU-2 viskometri (WWW-dokumentti) <<http://www.brookfieldengineering.com/products/viscometers/laboratory-ku-1.asp>>. Luettu 16.04.2015.
- 24 Koleske Joseph V. Paint and Coating Testing Manual (WWW-dokumentti) <[https://books.google.fi/books?id=ri6FkY2xvgcC&pg=PA360&lpg=PA360&dq=k u+viscosity&source=bl&ots=Ua-dE07ovr&sig=sBEoMH4BU-1rxysvgLs\\_380Urlk&hl=fi&sa=X&ei=SsTMVMSoCefMygOdjICgDA&sqi=2&ved=0CGUQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fi/books?id=ri6FkY2xvgcC&pg=PA360&lpg=PA360&dq=k u+viscosity&source=bl&ots=Ua-dE07ovr&sig=sBEoMH4BU-1rxysvgLs_380Urlk&hl=fi&sa=X&ei=SsTMVMSoCefMygOdjICgDA&sqi=2&ved=0CGUQ6AEwCA#v=onepage&q&f=false)>. Luettu 12.03.2015.
- 25 Brookfield DV1 viskometri (WWW-dokumentti) <[http://www.brookfieldengineering.com/support/documentation/M14\\_023\\_Manual.pdf](http://www.brookfieldengineering.com/support/documentation/M14_023_Manual.pdf)>. Luettu 16.04.2015.
- 26 Spectraflash SF 300 (WWW-dokumentti) <[http://www.ts-rc.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103:sf300&catid=45:equipment&Itemid=76&lang=en](http://www.ts-rc.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=103:sf300&catid=45:equipment&Itemid=76&lang=en)>. Luettu 25.03.2015.

- 27 Härkönen Anne. Jauhemaalain valmistusprosessi. Insinöörityö. 2004
- 28 Kuvio 7. Mallikuva CIELAB-värikartasta (WWW-dokumentti)  
<<http://www.dma.ufg.ac.at/assets/15518/intern/cielabfr.jpg>>. Luettu 25.03.2015.
- 29 CIELAB-värimallin toimintaperiaate (WWW-dokumentti)  
<[http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/cielab.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html)>. Luettu 25.03.2015.
- 30 NCS järjestelmä (WWW-dokumentti)  
<<http://www.ncscolourfin.com/fi/NCS%20JÄRJESTELMÄ>>. Luettu 19.04.2015.
- 31 RAL väristandardi (WWW-dokumentti)  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/RAL\\_colour\\_standard](http://en.wikipedia.org/wiki/RAL_colour_standard)>. Luettu 19.04.2015.
- 32 RAL väristandardin kotisivu (WWW-dokumentti) <<http://www.ral-farben.de>>. Luettu 19.04.2015.
- 33 Tuomikoski Hermann. Maalaamon suunnittelu. Opinnäytetyö. 2014
- 34 Kuvio 8. Yläkuppiruiskun rakenne (WWW-dokumentti)  
<<http://www.eastwood.com/concours-hvlp-paint-spray-gun-how-to-set-up-guide-maintenance-instructions>>. Luettu 23.04.2015.
- 35 Merkur korkeapaineruisku (WWW-dokumentti)  
<[http://www.graco.com/content/dam/graco/tech\\_documents/manuals/312/312797/312797EN-P.pdf](http://www.graco.com/content/dam/graco/tech_documents/manuals/312/312797/312797EN-P.pdf)>. Luettu 19.04.2015.
- 36 QNIX 4500 Kalvonpaksuusmittari (WWW-dokumentti) <<http://www.coating-thickness.com/127/QNix-4500-4200.htm>>. Luettu 14.04.2015.
- 37 Pendulum Hardness Test (WWW-dokumentti)  
<<http://www.materials.co.uk/pendulum.htm>>. Luettu 25.03.2015.
- 38 Kuvio 9. BYK Heilurikovuusmittari (WWW-dokumentti)  
<<http://www.gardco.com/pages/hardness/pendulumhardness.cfm>>. Luettu 25.03.2015.
- 39 Easicult Combi käyttöohje (WWW-dokumentti) <<http://metalchem.com/wp-content/uploads/2012/06/doc20120621143716.pdf>>. Luettu 07.04.2015.
- 40 Juuti Pauli, Vuorela Antti. Johtaminen ja työyhteisön hyvinvointi. 3. painos. Juva: WS Bookwell Oy. 2006.
- 41 Oakland John S. Statistical Process Control (WWW-dokumentti)  
<<https://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=eZjAP5YmgMsC&oi=fnd&pg=PP2&d>>

q=statistical+process+control&ots=u6u8Vq9JMY&sig=Uw5TfzSHR\_OqPdwW186ViUT7aWo&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Luettu 08.04.2015.

- 42 Measure system analysis (WWW-dokumentti)  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Measurement\\_systems\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Measurement_systems_analysis)>. Luettu 08.04.2015.
- 43 Toistettavuuden mittaaminen (WWW-dokumentti) <<http://www.muelaner.com/quality-assurance/gage-r-and-r-excel>>. Luettu 04.04.2015."
- 44 ANOVA-koe (WWW-dokumentti)  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/ANOVA\\_gauge\\_R%26R](http://en.wikipedia.org/wiki/ANOVA_gauge_R%26R)>. Luettu 08.04.2015.
- 45 Kuvio 10. Kuva Aqua-Toolsin koesarjan sisällöstä (WWW-dokumentti)  
<<http://www.hach.com/quench-gone-organic-modified-test-kit-100-tests/product?id=15629898501>>. Luettu 14.04.2015.
- 46 Maalien ja pinnoitteiden raaka-ainevalvonta (WWW-dokumentti)  
<[http://www.aqua-tools.com/uk/paint\\_latex.php](http://www.aqua-tools.com/uk/paint_latex.php)>. Luettu 11.03.2015.
- 47 ATP-koe (WWW-dokumentti) <[http://en.wikipedia.org/wiki/ATP\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/ATP_test)>. Luettu 10.03.2015.
- 48 Kuvio 11 Lusiferaasientsyymien reagointi ja valon muodostuminen (WWW-dokumentti)  
<[http://www.nature.com/app\\_notes/nmeth/2006/063006/fig\\_tab/an1755\\_F1.html](http://www.nature.com/app_notes/nmeth/2006/063006/fig_tab/an1755_F1.html)>. Luettu 11.03.2015.

## Aqua-Tools QGOM-XLPD käyttöohje

### Analyysipakkauksen sisältö, varastointi ja tilaus:

Vastaanotettuasi QGO-M XLPD analyysipakkauksen, pidä reagenssit huoneenlämmössä **Luminasea** lukuunottamatta.

Komponentti	Säilytys	Käyttöikä
LuminaseXL entsyymi- ja puskuriliuospullo (Lu-3mL-FD) Lusiferaasi -entsyymireagenssi, 3ml	4 - 25 °C	6 - 12 kk
UltraCheck 1 tippapullo (UC1-5mL) 1 ng ATP/mL standardi, 5 ml	4 - 25 °C	18 kk
UltraLyse 7 pullo (UL7-125mL) ATP uuttoreagenssi, 125 ml	4 - 25 °C	18 kk
UltraLute (Laimennus) koeputki, 9 ml (ULu-9mL-50R) ATP laimennusreagenssi, 9 ml	4 - 25 °C	18 kk
LumiClean pullo (LC-250mL) suodattimen puhdistusreagenssi, 250ml	4 - 25 °C	18 kk
Quench-Gone orgaaninen suodatin ruiskuun, 100 kpl/pkt (DIS-SFQGO-25)	-	-
20 mL ruisku, PP/PP, 100kpl/pkt (DIS-S20-25)	-	-
60 mL ruisku, PP/Neopreeni, 5kpl/pkt (DIS-S60-5)	-	-
100 - 1000 µL sininen pipettikärki, 100kpl/teline, (DIS-PT1-100R)	-	-
10 - 200 µL keltainen pipettikärki, 100kpl/teline, (DIS-PT01-96R)	-	-
12x55mm koeputkia, 150kpl/pkt, (DIS-CT12-50)	-	-
Kertakäyttö pipettejä, 5mL, 25kpl/pkt, (DIS-BP5-25)	-	-

Luminase<sup>XL</sup> :n käyttöikää voidaan pidentää kuuteen kuukauteen jäädytettynä tai sen voi säilyttää huoneenlämmössä kolme viikkoa säännöllisen käytön aikana. Huomioi, että Luminase<sup>XL</sup> -ä, joka tulee

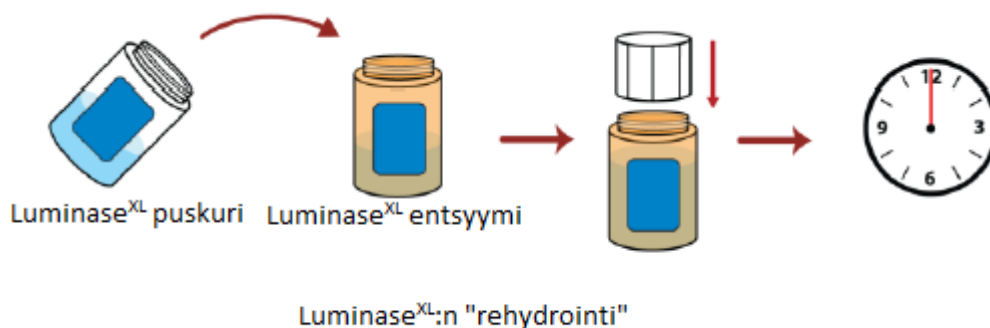
QGO-M XLPD analyysipakkauksen mukana ei voida korvata muilla Luminasetuotteilla (esim. Luminase<sup>W</sup>, Luminase lite ja Luminase).

Tietoa analyysistä:

- Älä käsittele pipettien kärkiä ilman suojakäsineitä, sillä iholla on paljon epäpuhtauksia.
- Varmista, että kaikki koeputket ovat puhtaita sekä sisältä, että ulkoa.
- Useimpien näytteiden mikrobiologiset ominaisuudet alkavat muuttua välittömästi keräyksen jälkeen. Analysoi kerätyt näytteet **kahden tunnin** kuluessa keräyksestä, jos mahdollista
- Jos näytteiden analysointi ei ole mahdollista kahden tunnin sisällä keräyksestä, säilytä ne jääkaapissa (2-8 °C) ja analysoi 24 tunnin kuluessa keräyksestä. Varmista, että jäädytetyt näytteet ovat huoneenlämpöisiä ennen analysointia

Luminasen käsittely

- Luminase<sup>XL</sup> valmistetaan kylmäkuivausmenetelmällä. Tämä varmistaa tuotteen vakauden ennen käyttöä. Ennen tuotteen käyttöä se pitää "rehydroida" eli sekoittaa kylmäkuivattua jauhetta puskuriliuoksen kanssa ja antaa sen hautua ainakin viisi minuuttia. Vältä kontaminaatiota irroittaessasi lasipullon korkkia. Heitä punainen korkki roskeen.



- Luminase<sup>XL</sup> -liuos voidaan säilyttää jääkaapissa jopa kolme kuukautta (tai pakkasessa kuusi kuukautta(liuoksen voi sulattaa ja jäädyttää niin monta kertaa, kun on tarvetta)). Muista käyttää Luminase<sup>XL</sup> -liuosta vasta kun se on huoneenlämpöistä. Tunti riittää yleensä temperointiin.
- Älä altista Luminase<sup>XL</sup> -liuosta yli 30°C:een lämpötilalle yli yhtä tuntia
- On suositeltavaa, että Luminase<sup>XL</sup>:ää rehydroidaisiin vain kun on tarpeellista. Toisin sanoen sekoita liuos vasta, kun sille on tarvetta.
- Älä yritä jakaa kylmäkuivattua Luminase<sup>XL</sup> -entsyymiä ja/tai puskuriliuosta pienempiin osioihin.  
Jos uuden Luminase<sup>XL</sup> pullon avaaminen on välttämätöntä testin aikana, muista kerätä myös tästä kalibrointitulokseksi. Voit myös sekoittaa Luminase<sup>XL</sup> -liuokset keskenään kerralla.



## Askel 1 – Kalibrointi UltraCheck 1:llä

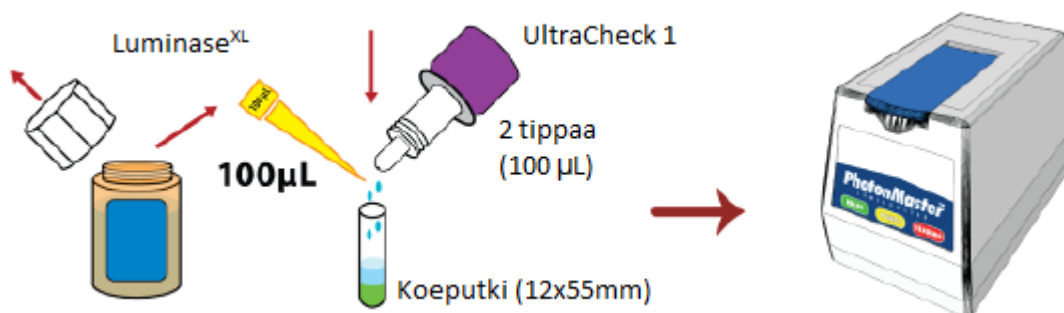
UltraCheck 1 (UC1) -kalibrointi muuttaa valotusmittarin RLU-arvot(relative light unit) suoraan ATP(Adenosiinitrifosfaatti)-konsentraatioiksi. Suorita yksi UltraCheck 1 -kalibrointi päivässä tai jokaiselle erilliselle koesarjalle. Varmista, että Luminase<sup>XL</sup> -liuos on saavuttanut huoneenlämmön ennen käyttöä.

### Mitä tarvitset:

- UltraCheck 1 tippapullo
- LuminaseXL -liuos
- 12x55 mm koeputki

### **Toimi näin:**

Lisää kaksi pisaraa (100 µl) UltraCheck 1:tä ja käytä pipettiä lisätäksesi 100 µl Luminase<sup>XL</sup> -liuosta uuteen 12x55 mm koeputkeen. Sekoita varovasti ja aseta putki välittömästi valotusmittariin ja mittaa. (Kirjoita  $RLU_{UC1}$  -arvo muistiin loppuvaiheen laskuja varten jos joudut laskemaan cATP-arvon käsin)



Huom! Jos  $RLU_{UC1}$  -arvo on pienempi tai yhtäsuuri kuin 50 000, on suositeltavaa ottaa käyttöön uusi pullo Luminase<sup>XL</sup>:ää parhainta mahdollista mittaustarkkuutta varten

Huom!  $RLU_{UC1}$  -arvo laskee ajan kuluessa samalle erälle Luminase<sup>XL</sup>:ää. Tämä johtuu siitä, että valoa säteilevien entsyymien aktiivisuus laskee. Kun ylläolevia ohjeita seurataan, varmistetaan, että entsyymien aktiivisuus on riittävän korkea laitteen havaintorajoille.

## Askel 2 – QGO-M XLPD cATP™ analyysi

QGO-M XLPD solu –ATP (cATP) analyysi mittaa ATP konsentraatioita vain elävistä soluista.

**Suoritettaessa analyysiä, irrota aina suodatin ensimmäiseksi ruiskusta ja vasta tämän jälkeen mäntä!**

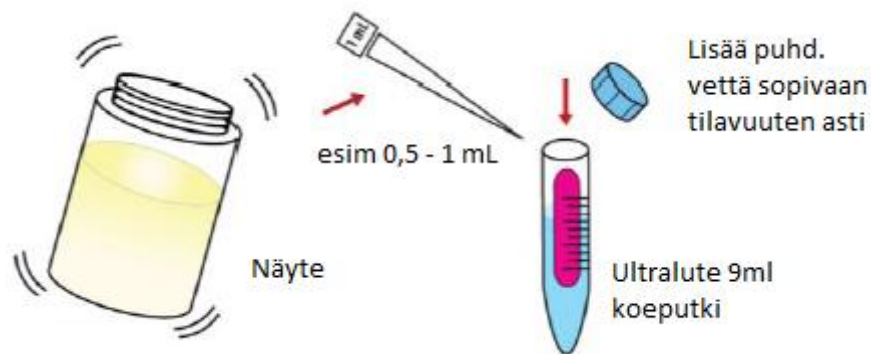
### 2.1 – Esilaimennus

Mitä tarvitset:

- Näyte
- laimennusastia
- pipettejä

Tuotteille, joilla on korkea viskositeetti, suositellaan laimennusta ennen suodatusta. On erittäin tärkeää, että laimennusneste ei sisällä ATP:tä tai muita epäpuhtauksia.

Käytä uutta leveäkärkistä pipettiä siirtääksesi 1 ml näytettä **Ultralute 9 ml koeputkeen**, sekoita ja siirry välittömästi askeleeseen 2.2.



Huom! Leveäkärkiset pipetit ovat niitä pipettejä, joiden suuaukko on riittävän suuri estääkseen tukkiutumisen suurista näytepartikkeleista. Yleisesti standardin mukaiset 1-5 ml:n pipettikärjet ovat sopivia. Jos näyte kuitenkin jää jumiin pipettiin, voi suuaukkoa suurentaa leikkaamalla kärjestä palasen puhtailla saksilla.

Vinkki: Jos analysoitavalle aineelle tahdotaan eri laimennussuhde, suurennä tai pienennä laimennusreagenssin määrää suhteessa ja ota

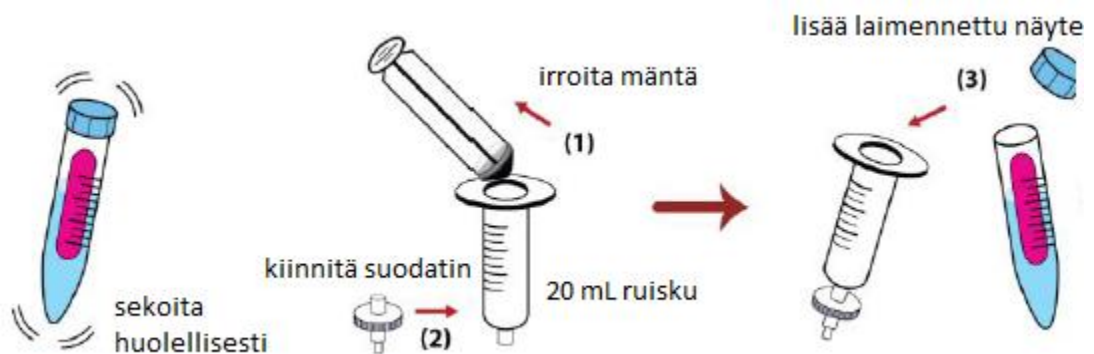
tämä huomioon loppupään laskuissa. Esimerkiksi 1:9 laimennus(kuten yllä oleva esimerkki) antaa laimennusarvon 10, kun taas 1:19 laimennus antaa laimennusarvon 20. Ole kuitenkin varovainen laimennuksen kanssa, sillä liikalaimennus asettaa mittausherkkyyden vaaraan. Jos laimennusarvoa nostetaan yli kymmenen, pitää Lumicalc ohjelmasta saatu tulos kertoa vastaavalla kertoimella.

## **2.2 – Suodatus**

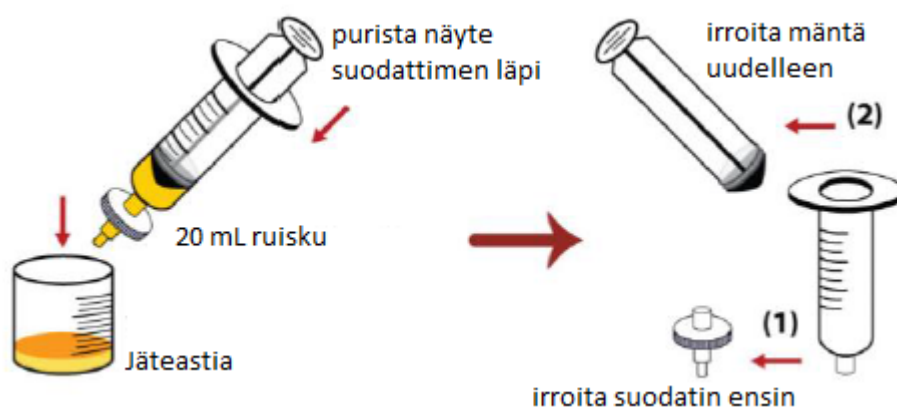
### Mitä tarvitset:

- Laimennettu näyte
- jätenesteastia
- 20 ml ruisku
- suodatin

Poista mäntä 20 ml:n ruiskusta ja kiinnitä ruiskuun suodatin. Kaada esilaimennusastian sisältö varovasti ruiskuun.



Purista koko näyte varovaisesti suodattimen läpi jäteastiaan. Paina mäntä riittävän alas suodattaaksesi näytteen ja **lopeta puristaminen niin, että suodatin jää kosteaksi.** Irroita suodatin ja mäntä.



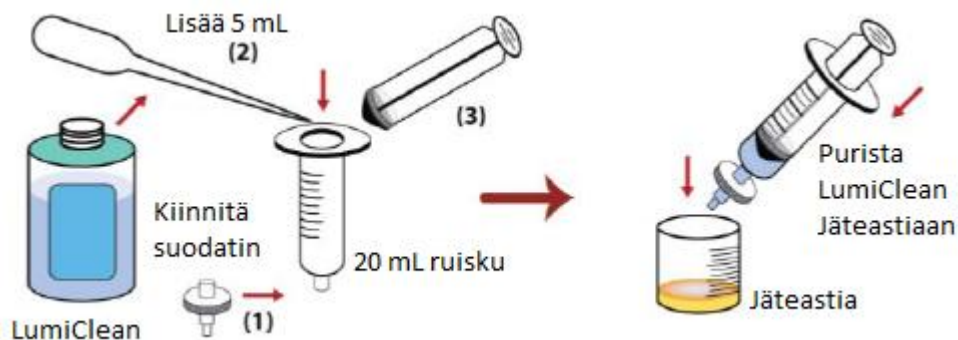
Huom! Jos koko näytettä ei voitu puristaa suodattimesta läpi, kirjoita läpi saadun näytteen tilavuus ylös.

## **2.3 – Suodattimen pesu**

Mitä tarvitset:

- Lumiclean
- Edellisessä askeleessa käytetty ruisku ja suodatin
- Jätenesteastia
- kertakäyttöpipetti

Uudelleenkiinnitä suodatin 20 ml:n ruiskuun ja käytä kertakäyttöpipettiä lisätäksesi 5 ml:aa LumiCleania ruiskuun(noin 2 pipetillistä). Purista LumiClean hitaasti ruiskun ja suodattimen läpi jäteastiaan kunnes ruiskun mäntä on pohjassa.



**Huom! Jos 20 ml:n ruiskuun jää tämän kohdan jälkeen näytettä tai LumiCleania, ne voi kaataa jäteastiaan.**

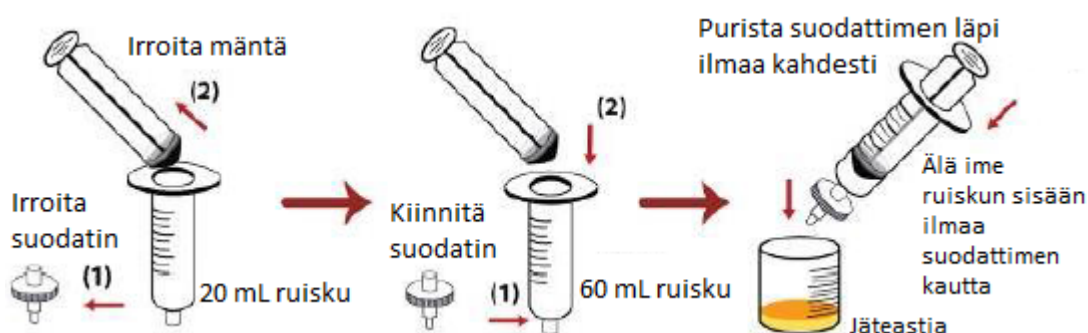
Vinkki: Samaa 5 ml:n kertakäyttöpipettiä voi käyttää useita kertoja LumiCleanin annostelemiseen, jos sen pitää puhtaana(säilö alkuperäiseen pussiinsa) käyttökertojen välillä.

## **2.4 – Suodattimen kuivaus**

Mitä tarvitset:

- Edellisessä askeleessa käytetty 20 ml ruisku ja suodatin
- 60 ml ruisku
- jätenesteastia

Irroita suodatin 20 ml:n ruiskusta ja kiinnitä se 60 ml:n ruiskuun. Muista vetää 60 ml ruiskun mäntä taakse, ennen kuin kiinnität suodattimen. Purista ilmaa varovaisesti suodattimen läpi kaksi kertaa pitäen ruiskun kärkeä jäteastian yllä. Irrota suodatin ruiskusta männän ylösvetämisen ajaksi.



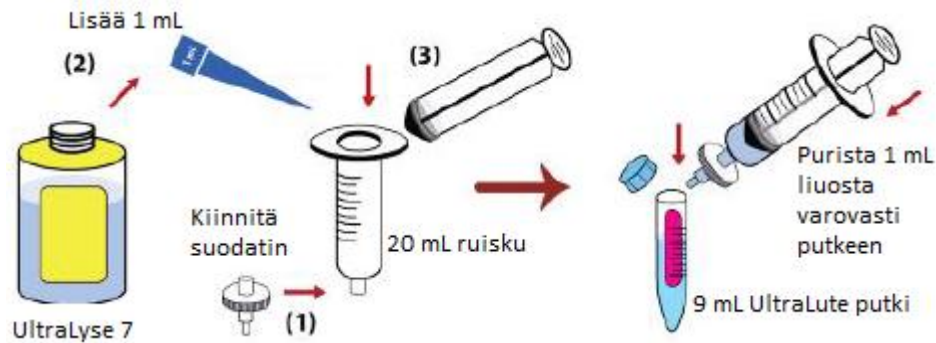
Vinkki: Samaa 60 ml:n ruiskua voidaan käyttää useiden suodattimien puhdistukseen. Yleissääntönä ruisku on hyvä vaihtaa 20 analyysin välein, kunhan se on säilytetty puhtaassa pölyvapaassa paikassa ( esim. alkuperäisessä pussissaan) käyttöjen välillä.

## **2.5 – Uutto**

Mitä tarvitset:

- UltraLyse 7
- Edellisessä askeleessa käytetty 20 ml ruisku ja suodatin
- 1 ml pipetti (beige)
- **UltraLute 9ml koeputki**
- **UltraLute -teline**

Kiinnitä suodatin uudelleen 20 ml:n ruiskuun. Lisää ruiskuun 1 ml UltraLyse 7 –liuosta finnpipetillä ja purista UltraLyse 7 –liuos hitaasti suodattimen läpi uuteen 9 ml:n UltraLute (laimennus)koeputkeen, kunnes se on kuiva. Aseta korkki paikalleen ja sekoita (käännä koeputki muutaman kerran ympäri).



Huom! Käytettäessä suurempaa näytemäärää on reagenssi puristettava omaan koeputkeensa

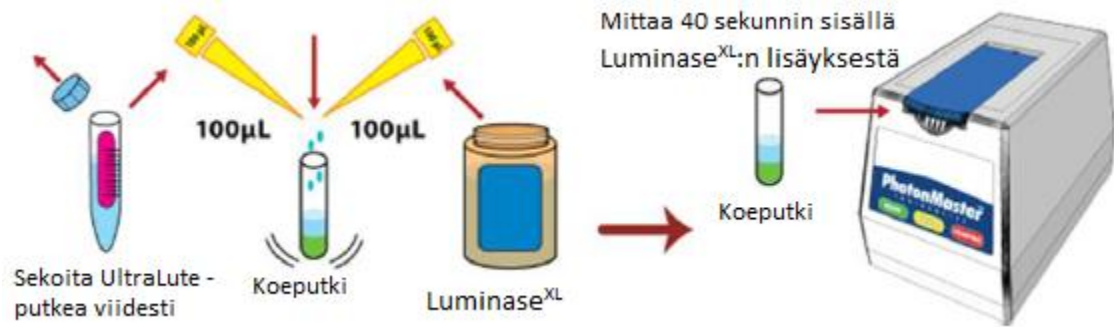
Huom! Tässä vaiheessa laimennuskoeputken sisältö pysyy vakaana noin neljä tuntia huoneenlämmössä.

## **2.6 – Analyysi**

Mitä tarvitset:

- UltraLute 9 ml koeputki, johon UltraLyse 7 on puristettu
- Luminase<sup>XL</sup> -liuos
- 100 µl pipettejä (sininen)
- koeputki (12x55mm)
- Photonmaster analyysilaite

Käytä pienempää pipettiä siirtääksesi 100 µl UltraLute koeputken sisällöstä erilliseen 12x55 mm koeputkeen. Pipetoi koeputkeen tämän jälkeen uuden kärjen avulla 100 µl Luminase<sup>XL</sup> –liuosta. Sekoita huolellisesti ja aseta putki välittömästi valotusmittariin ja mittaa. Kirjoita RLU<sub>UC1</sub> –arvo muistiin loppuvaiheen laskuja varten.



Huom! Jos  $RLU_{cATP}$  -arvo on pienempi tai yhtäsuuri kuin 10, liuos on laitteen mittausrajojen alapuolella. Merkkää tällöin  $cATP$  (pg ATP/ml) -arvo nolaksi loppulaskuissa tai suorita kohta 2.1 uudestaan suuremmalla näytetilavuudella.

Huom! Jos  $RLU_{cATP}$  -arvo on pienempi tai yhtäsuuri kuin 50, on suositeltavaa, että mitaat ja vähennät  $RLU_{bg}$  -arvon mittauksestasi. Tarkasta diagnostiikka ja ongelmanratkaisu -osio. Jos mahdollista, toista koe suuremmalla näytetilavuudella saadaksesi korkeamman  $RLU_{cATP}$  -arvon ja paremman tarkkuuden.

Vinkki: Jos ohjelma näyttää "Scale Over" viestin, suorita koe käyttäen pienempää näytemäärää kohdassa 2.1.

## Loppuvaiheen laskut

Kun QGO-M XLPD -analyysit ovat valmiit, pitää  $RLU$  -arvot muutta ATP konsentraatioiksi käyttäen seuraavia laskukaaavoja. Helpoille laskuille kannattaa käyttää LumiCapture™-ohjelmaa, joka on ladattavissa [www.aqua-tools.com](http://www.aqua-tools.com). Käsinelaskukaavat löytyvät alta.

Solu-ATP ( $cATP$ ) edustaa ATP määrää, joka on elävissä soluissa. Tämä on suora osoitin elävälle biomassan määrälle.

$$cATP \text{ (pg ATP / mL)} = \frac{RLU_{cATP}}{RLU_{UC1}} \times \frac{100,000 \text{ (pg ATP)}}{V_{Sample} \text{ (mL)}}$$

Huom! Kun käytettävissä, vähennä  $RLU_{bg}$  –arvo  $RLU_{cATP}$  –arvosta ennen ylläolevan laskun suorittamista.

Ilmoittaaksesi tulokset samassa muodossa kuin perinteiset bakteeriviljelykokeet, cATP –arvot on käännettävä mikrobisiksi vastineiksi (microbial equivalents (ME)). Tämä perustuu laskettuun tietoon, että yksi Kolibakteeri(e. coli) sisältää 0,001 pg:n (1 fg:n) ATP:tä.

$$cATP (ME / mL) = cATP (pg ATP / mL) \times \frac{1 ME}{0.001 pg ATP}$$

Koska monet perinteiset bakteeriviljelmätavat ilmoittavat tulokset samalla lailla, on toisinaan helpompaa ilmoittaa cATP –tulokset muodossa ME/ml käyttäen muotoa x.xx x 10<sup>x</sup> tai logaritmistä versiota vertailun helpottamiseksi.

## Tulkintaohjeet

Kun QGO-M XLPD cATP –tulokset on laskettu, mikrobinen kontrolli voidaan arvioida. ATP-pohjaiset mittaukset ovat erittäin herkkiä mikrobisen määrän muutoksille. Yleisesti prosesseilla on erinomainen mikrobinen kontrolli kun **cATP-arvo on minimissään**.

Aqua-toolsin ATP koesarjaa voidaan käyttää mikrobisen määrän auditointiin. Sen avulla voidaan päästä helposti käsiksi prosessin kriittisiin pisteisiin, jotka vaativat välitöntä huomiota.

Prosessin hallintaan päivittäinen ATP –testaus antaa sinulle todellisen mikrobisen määrän verrattuna prosessiin käytettyyn aikaan ja ajoarvoihin.

Käytettäessä ATP –koesarjaa on tärkeää muistaa, että jokainen prosessi on erilainen. Auditoidessa suhteutetut vertailupisteet ovat luotettava tapa arvioida prosessia. Päivittäisessä valvonnassa on tärkeä käyttää vakaita vertailupisteitä ennen päätösten tekoa. Aqua-tools tarjoaa seuraavat ohjeet pg cATP/ml –arvojen tulkintaan.



Käyttökohde	Hyvä Kontrolli (pg ATP/ mL)	Ehkäiseviä toimen- piteitä (pg ATP/ mL)	Korjaavia toimen- piteitä (pg ATP/ mL)
Suodatettavat kemialliset tuotteet (esim. luonnonkumi, lisäaineet tai ihonhoitotuotteet)	< 100	100 - 1000	> 1,000

Huom! Nämä tulkintaohjeet ovat tarkoitettu **vain** yleiseen riskinarviointiin.  
Käyttäjiä rohkaistaan löytämään omat arvojen vaihteluvälit, millä tehdä päätöksiä prosessin ajoon liittyen.

<https://www.youtube.com/watch?v=SzMpl9Wb9JU>

## Bakteerikoesarjan ja tikutuskokeen koetuloksia

Raaka-aine nimi	Näyte otettu	tikutettu	kuittaus	cATP (pg/ml)	Kuittaus cATP:lle	Tulokset		
						1 vrk	2vrk	3vrk
Sideaine 1	28.1.2015 KLO ?SK	28.1.2015 KLO:15:30	SSA/MR	6,17	MR	OK	OK	ok
Sideaine 1	26.1.2015 KLO: 10:30	26.1.2015 KLO: 11:10	MR	10,47	MR	ok	ok	ok
Sideaine 2	27.1.2015 KLO: 13:00	28.1.2015 KLO: 07:25	MR	1300-1690	MR	10EXP7	10EXP7	10EXP7
Sideaine 3	29.1.2015 KLO ?SK	29.1.2015 KLO 15:45	MR	31; 1,45 ja 6,6	MR	ok	ok	ok
Sideaine 4	30.01.2015 klo ? SK	30.01.2015 klo 15.55	HH	34,52	HH	ok	ok	ok
Sideaine 5	30.01.2015 klo ? SK	30.01.2015 klo 15.55	HH	72,38	EH	ok	ok	ok
Sideaine 1	02.02.2015 klo 14:35	02.02.2015 klo 14:40	MR	11,72	MR	ok	ok	ok
Sideaine 6	02.02.2015 klo 14:35	02.02.2015 klo 14:40	MR	61,73	MR	ok	ok	ok
Sideaine 7	02.02.2015 klo 14:35	02.02.2015 klo 14:35	MR	71,41	MR	ok	ok	ok
Sideaine 7	05.02.2015 KLO 11:59	05.02.2015 klo	SL	31,72	MMA	OK	ok	ok
Sideaine 1	06.02.2015 KLO 15:30	06.02.2015 KLO 18:00	MR	38,84	MR	ok	ok	ok
Sideaine 6	06.02.2015 KLO 15:30	06.02.2015 KLO 18:00	MR	42,67	MR	ok	ok	ok
Sideaine 8	11.02.2015 klo ? TK	11.02.2015 klo 18.40	HH	22,12	HH	ok	ok	ok
Sideaine 1	11.2.2015 klo ? TK	11.02.2015 klo 18.40	HH	21,63	HH	ok	ok	ok
Sideaine 6	11.02.2015 klo ? TK	11.02.2015 klo 18.40	HH	46,42	HH	ok	ok	ok
Sideaine 5	13.02.2015 klo ? TK	13.02.2015 klo 16.00	HH	74,47	HH	ok	ok	OK
Sideaine 4	13.02.2015 klo ? TK	13.02.2015 klo 16.00	HH	31,06	TMH	ok	OK	OK
Sideaine 7	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	58,1	MR	ok	ok	ok
Sideaine 2	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	85,21	MR	ok	ok	ok
Sideaine 2	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	76,52	MR	ok	ok	ok
Sideaine 10	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	21,79	MR	ok	ok	ok
Sideaine 5	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	45	MR	ok	ok	ok
Sideaine 4	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	145	MR	ok	ok	ok
Sideaine 9	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	122,95	MR	ok	ok	ok
Sideaine 12	17.02.2015 KLO?	18.02.2015 KLO 15:30	MR	206,48	MR	ok	ok	homepesäke
Sideaine 3	18.02.2015 KLO?	19.02.2015 KLO 8:00	TH	77,39	MR	ok	OK	OK
Sideaine 13	19.02.2015 KLO?	19.02.2015 KLO 18:45	HMK	26,57	MR	ok	ok	ok
Sideaine 6	20.02.2014 klo? TOMI	20.2.2015 klo 18:45	HMK	143,55	MR	ok	ok	ok
Sideaine 3	04.03.2015 klo ? Gandalf	04.03.2015 klo 14.30	HH	25,55	HH	ok	ok	ok
Sideaine 1	06.03.2015 klo 09.46 KP	06.03.2015 klo 12.50	HH	ei mennyt läpi		ok	ok	ok
Sideaine 6	06.03.2015 klo 10.19 KP	06.03.2015 klo 12.50	HH	24,12	MR	ok	ok	ok
Sideaine 11	10.03.2015 klo 20.30	11.03.2015 klo 14.50	HH	115,64	HH	ok	ok	ok
Sideaine 4	11.03.2015 klo 9.56 KP	11.03.2015 klo 16.20	MMA	88,49	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 6	11.03.2015 klo 11.16 KP	11.03.2015 klo 16.20	MMA	176,26	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 5	11.03.2015 klo 9.37 KP	11.03.2015 klo 16.20	MMA	28,44	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 1	11.03.2015 klo 12.09 KP	11.03.2015 klo 16.20	MMA	130,29	MMA	ok	ok	
Sideaine 7	12.3.2015 klo 7.33 KP	13.3.2015 klo 9.15	SR	135,44	HH	ok	ok	ok
Sideaine 9	19.03.2015 klo ? TK	19.03.2015 klo 17.15	MMA	55,76	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 1	19.03.2015 klo ? TK	19.03.2015 klo 17.15	MMA	27,44	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 8	19.03.2015 klo ? TK	19.03.2015 klo 17.15	MMA	77,32	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 1	23.03.2015 klo ? SK	23.03.2015 klo 14.35	HH	Ei tule läpi	HH	ok	ok	ok
Sideaine 6	23.03.2015 klo ? SK	23.03.2015 klo 14.35	HH	469,41	HH	ok	ok	ok
Sideaine 14	27.03.2015 PETE klo ?	27.03.2015 klo 17.35	HH	25,26	HH	ok	ok	ok
Sideaine 4	27.03.2015 PETE klo ?	27.03.2015 klo 17.35	HH	35,54	HH	ok	ok	ok
Sideaine 7	30.03.2015 KP klo ?	30.03.2015 klo 10.45	SR	134,89	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 4	30.03.2015 klo ? KP	30.03.2015 klo 16.15	MMA	173,71	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 5	30.03.2015 klo ? KP	30.03.2015 klo 16.15	MMA	218,74	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 14	01.04.2015 klo ? K.P	01.04.2015 klo 12.10	HH	4,02	HH	ok	ok	ok
Sideaine 4	01.04.2015 klo ? K.P	01.04.2015 klo 12.10	HH	4,88	HH	ok	ok	ok
Sideaine 1	02.04.2015 klo ? K.P	02.04.2015 klo 10.35	HH	Ei tule läpi	HH	ok	ok	ok
Sideaine 8	10.04.2015 klo ? K.P.	10.04.2015 klo 12.35	MMA	8,33	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 6	10.04.2015 klo ? K.P.	10.04.2015 klo 12.35	MMA	29,28	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 1	10.04.2015 klo ? K.P.	10.04.2015 klo 12.35	MMA	9,12	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 7	14.04.2015 KP klo ?	14.04.2015 klo 09.15	HH	20,05	HH	ok	ok	ok
Sideaine 9	20.04.2015 pete	20.04.2015 klo 9.55	MMA	4,18	MMA	ok	ok	ok
Sideaine 5	23.04.2015 SK klo ?	23.04.2015 klo 15.10	HH	5,55	HH	ok		
Sideaine 7	23.04.2015 PK klo ?	23.04.2015 klo 15.10	HH	5,85	HH	ok		
Sideaine 14	23.04.2015 SK klo ?	23.04.2015 klo 15.10	HH	4,96	HH	ok		
Sideaine 4	23.04.2015 SK klo ?	23.04.2015 klo 15.10	HH	1,85	HH	ok		